

## 4. Hasil dan Pembahasan

Di dalam bab ini peneliti akan menguraikan berbagai hasil penelitian dan juga pembahasan hasil penelitian tentang kajian penggunaan plastik PVC dan alternatifnya. Susunan pembahasan ini disesuaikan dengan tujuan penelitian yang akan dicapai. Sebelum penyampaian hasil penelitian, peneliti juga akan membahas tentang beberapa kendala dan keterbatasan yang dijumpai selama penelitian ini berlangsung.

### 4.1. Kendala dan Keterbatasan Penelitian

Dalam melakukan penelitian tentang kajian penggunaan plastik PVC ini peneliti mempunyai keterbatasan terutama dalam masalah data yang diperoleh. Data yang terkait dengan PVC sukar didapat karena banyak industri tidak mau memberikan informasi terkait dengan PVC khususnya bahan-bahan yang dipakai. Hal ini juga pernah diutarakan oleh sekjen asosiasi plastik INAPLAS yang menyatakan untuk industri PVC agak sulit untuk mendapatkan data karena umumnya industri ini bersifat tertutup. Alasan ini antara lain kekhawatiran formula yang dipakai untuk pembuatan suatu produk diketahui pihak di luar industri. Dalam suatu industri PVC khususnya pada *compounding*, formula dalam berbagai aplikasi pembuatan merupakan hal yang sangat penting. Dalam formula ini terkandung komposisi bahan yang akan menentukan kualitas produk yang dihasilkan. Dalam kajian kelayakan PVC ini tidak semua penggunaan akan dibahas, tetapi hanya 3 produk saja yang menjadi pembahasannya.

### 4.2. Gambaran Umum Penelitian

Dalam melakukan penelitian tentang penggunaan plastik PVC di Indonesia, peneliti melakukan penyebaran kuisisioner kepada instansi pemerintah, lembaga penelitian, praktisi, dan industri. Penyebaran kuisisioner ini guna mendapatkan beberapa informasi yang terkait plastik PVC dan plastik lainnya. Dari sini peneliti mendapatkan informasi mengenai produk PVC khususnya pipa, kabel dan mainan anak dan membandingkannya dengan plastik lain. Pengkajian ini juga ditambah dengan beberapa kajian literatur. Nilai SWOT didapatkan untuk menilai kajian kelayakan penggunaan PVC dan juga alternatif penggantinya.

#### 4.2.1. Industri Plastik di Indonesia

Industri produk plastik maupun produk dengan bahan baku plastik di Indonesia telah meningkat pesat baik pada skala regional maupun nasional. Pada skala regional, perdagangan produk plastik dan barang kimia organik telah berkembang dengan pesat. Perkembangan ekspor produk industri ke Jepang telah meningkat pesat. Hal serupa dialami pada ekspor ke Amerika Serikat, Jerman dan negara-negara eropa lainnya. Total ekspor *petroleum products* tahun 1995 mencapai 7,95 milyar dollar AS, dan 4,55 milyar dollar AS untuk barang kimia organik, dan hanya 3,07 milyar dollarAS untuk produk plastik pada tahun yang sama.

Untuk konsumsi plastik di Asia Tenggara Indonesia menempati peringkat kedua setelah Thailand dengan konsumsi 24% dari total konsumsi plastik. Namun mengingat penduduk Indonesia yang besar maka konsumsi plastik di Indonesia untuk hitungan kg plastik per kapita diketahui paling kecil dibandingkan dengan negara Asia Tenggara lainnya. Dari data Asosiasi Plastik Indonesia tahun 2005, konsumsi per kapita Indonesia yaitu 4,5 kg. Negara yang konsusmsi plastiknya paling besar adalah Singapura 78 kg, Malaysia 45 kg, Thailand 20 kg dan Philipina 6 kg per kapita. Dari data Indochemical untuk tahun 2005, permintaan total plastik di Indonesia mencapai 2.160.000 MT per tahun, dimana untuk jenis *thermoplastics* mencapai 1.997.000 MT per tahun (sekitar 93%) dan jenis *thermosetting* mencapai 163.000 MT per tahun (sekitar 7%). Dari jenis *thermoplastics*, permintaan plastik PE masih menempati peringkat pertama.

Tabel 12. Permintaan Thermoplastik Indonesia 2003

No	Jenis Plastik	Jumlah (MT)	%
1.	PE	741.000	37
2.	PP	578.000	29
2.	<b>PVC</b>	<b>550.000</b>	<b>28</b>
3.	PS	78.000	4
4.	PET	40.000	2
5.	PC	10.000	1
	TOTAL	1.997.000	100

Sumber: Asosiasi Plastik Indonesia, 2005

Dari Tabel 12 terlihat permintaan PE hampir mencapai 750 ribu ton per tahun atau sekitar 40% dari total kebutuhan plastik. Sedangkan permintaan akan PVC masih dibawah PE dan PP. Dari sini terlihat bahwa plastik yang banyak dipakai di Indonesia adalah jenis PE.

Di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir ini industri barang yang menggunakan plastik mengalami perkembangan yang cukup pesat. Perkembangan industri ini juga didukung oleh berkembangnya industri bahan baku plastik. Pemakaian bahan baku plastik sudah mencapai puluhan jenis yang sudah dapat diproduksi maupun impor. Data yang diperoleh dari Indochemical tahun 2005, kapasitas produksi resin PVC menempati peringkat kedua dengan jumlah hampir 700 ribu ton per tahun. Produksi resin PVC ini melebihi kuantitas produksi resin plastik lainnya seperti PE dan PP. Tabel 13 dibawah ini menunjukkan kapasitas produksi bahan baku plastik terbesar di Indonesia.

Tabel 13. Kapasitas produksi bahan baku plastik di Indonesia

No	Bahan Baku Plastik	Produksi (ton/tahun)
1	Polyester	1.477.000
2	<b>Polyvinyl chloride (PVC)</b>	<b>671.000</b>
3	Polyethylene (PE)	550.000
4	Polipropylene (PP)	550.000
5	Polyethylene terephtalate (PET)	363.000
6	Polysterene (PS)	118.000
7	UPR resin	87.750
8	Styrene acrylonitrile (SAN)	25.000
9	Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)	15.000

Sumber: Indochemical 2005

Dari Tabel 13 di atas terlihat bahwa kapasitas produksi PVC melebihi jumlah permintaannya. Dari Tabel 12 dan 13 dapat dilihat bahwa untuk bahan baku plastik PVC kelebihan produksi ini diekspor ke beberapa negara. Sedangkan untuk PE dan PP Indonesia masih mengimpor guna menutupi kekurangan kapasitas kedua bahan baku plastik tersebut. Dari data yang diperoleh dari Asosiasi Plastik INAPLAS, kapasitas produksi PVC ini pada tahun 2010 diperkirakan meningkat 800 ribu ton per tahun dengan permintaan pada tahun

tersebut menjadi sekitar 700 ribu ton per tahun. Sekarang ini plastik *compound* yang paling banyak diproduksi di Indonesia adalah PVC *Compound*. Hal ini dikarenakan bahwa *compound* PVC banyak diserap oleh industri plastik pipa PVC, botol dan pembungkus, sepatu dan sandal, lembaran PVC dan kulit imitasi dari PVC. Sedangkan plastik *compound* yang lain seperti PE dan PP sebagian besar hanya diserap oleh industri kabel.

Walaupun industri bahan baku plastik bersifat padat modal dan teknologi, namun berkembang secara bertahap, hingga akhirnya berdiri industri-industri bahan baku plastik antara lain *Polystyrene* (PS) pada tahun 1985, Vinyl Chloride Monomer (VCM) pada tahun 1989, *Polyethylene* (PE) dan *Polypropylene* (PP) pada tahun 1995. Sebagian besar lokasi industri tersebut berada di daerah Banten. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa PVC merupakan pelopor berkembangnya industri plastik di Indonesia. Sampai saat ini PVC merupakan salah satu produk andalan ekspor Indonesia. Hal ini dikarenakan bahan baku pembuatan PVC di Indonesia yaitu etilen masih tersedia banyak dan melimpah di Indonesia. Namun dari hasil wawancara diketahui bahwa dalam proses pembuatan PVC, yaitu pada saat proses polimerisasi perlu diperhatikan dampak terhadap manusia atau pekerjaannya. Proses pembuatan PVC tersebut mempunyai resiko akan kesehatan para pekerjaannya. Dari informasi yang diperoleh dari pihak BPPT Puspitek pernah terjadi ada banyak korban yang terkena kanker hati.

#### **4.2.2. Pemakaian PVC di Indonesia**

PVC di Indonesia digunakan untuk berbagai produk yang dimanfaatkan pada skala rumah tangga sampai industri besar. Aplikasi pemakaian PVC di Indonesia adalah untuk pipa, kabel, kulit imitasi, botol, *houseware*, PVC *sheet*, *roofing*, mainan anak, alas kaki, dan lain-lain.

Plastik PVC merupakan yang pertama diproduksi di Indonesia, yaitu pada saat Undang-Undang Nomor 1/tahun 1967 tentang Penanaman Modal Asing pertama muncul, maka dibentuklah pabrik pertama resin PVC yang merupakan cikal bakal pertumbuhan industri plastik di Indonesia. Usaha ini merupakan usaha patungan

(*joint venture*) Indonesia-Jepang yang dipelopori oleh PT Standard Toyo Polymer yang terletak di Merak Serang Banten dan PT Eastern Polymer yang terletak di

daerah Cilincing Tanjung Priok Jakarta. Untuk menampung kegiatan usaha industri bahan baku plastik sebagai bagian dari pembangunan industri nasional, maka pemerintah bersama dunia usaha industri PVC resin telah membentuk dan mendirikan Asosiasi Industri PVC Resin Indonesia (APVICI) pada tanggal 7 Maret 1977 di Jakarta.

Perusahaan PVC resin yang memiliki kapasitas terbesar adalah PT Asahimas Chemical yaitu 140.000 ton pertahun, perusahaan ini juga memproduksi sendiri bahan bakunya yaitu vinyl chloride monomer (VCM). Sementara itu PT Standar Toyo Polymer yang pabriknya di Merak, berkapasitas 82.000 ton per tahun. Dengan beroperasinya pabrik PVC resin tersebut di atas, maka total kapasitas produksi yang ada sebesar 264.000 ton per tahun. Produksi bahan baku plastik di dalam negeri cenderung meningkat sejalan dengan berkembangnya industri pemakai, terutama industri barang plastik, elektronika dan peralatan listrik. Menurut Departemen Perindustrian dan Perdagangan, produksi PVC resin meningkat 13,7% setiap tahunnya.

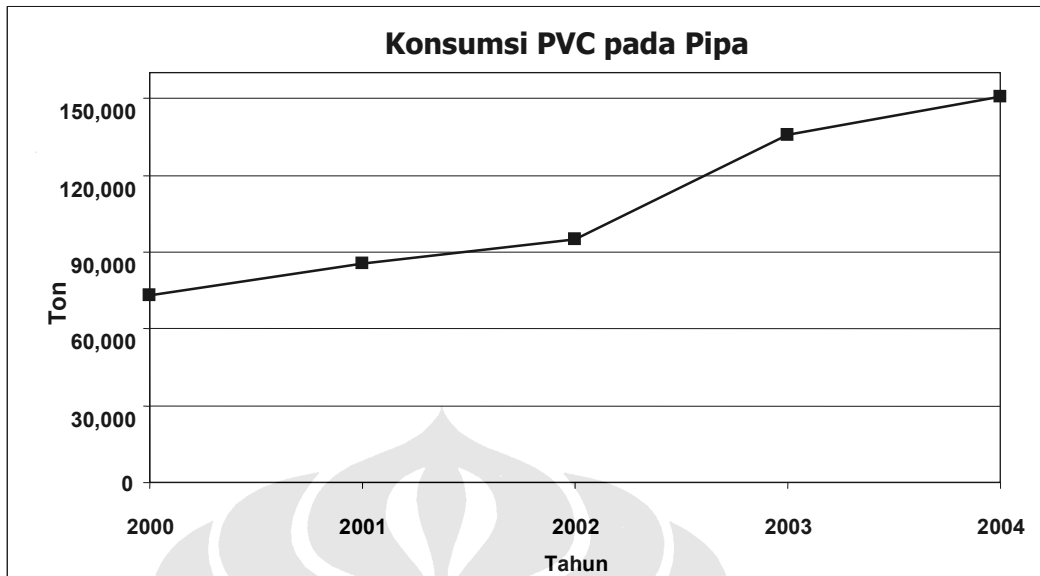
Pipa PVC terdiri atas ukuran 4 in-12 in yang termasuk ukuran pipa kecil dan ukuran 14 sampai 36 in yang termasuk pipa ukuran besar. Pipa PVC ini digunakan untuk mengalirkan air bersih. Pipa PVC masih banyak digunakan di Indonesia. Untuk kabel, PVC dipakai untuk pemakaian kabel bawah tanah dan juga untuk kabel-kabel alat elektronik. Biasanya produk kabel mengandung 35% berat dari PVC resin yang dipakai. Penggunaan kabel PVC masuk ke dalam peringkat kedua terbesar setelah penggunaan pipa. Untuk kulit imitasi dari PVC biasanya mengandung 50-55% berat PVC resin. Rata-rata berat 1 lembar kulit imitasi ini sekitar 0,8 kg. Untuk pemakaian botol, *houseware*, *roofing* hingga pada maianan anak, peneliti sangat kekurangan data dikarenakan untuk industri-industri tersebut dari informasi yang didapat bersifat tertutup. Dari penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan data sesuai dengan urutan besaran jumlahnya adalah sebagai terlihat pada Tabel 15.

Tabel 14. Konsumsi PVC resin di Indonesia 2000-2004 (ton)

<b>Industri</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>
Pipa	73.224	85.657	94.820	135.763	150.495
Kabel	29.011	27.738	37.223	38.638	40.217
Kulit imitasi	17.982	19.474	20.467	21.736	23.584
Botol	11.834	12.608	13.503	14.637	15.935
<i>Houseware</i>	9.847	8.596	12.751	16.077	20.952
PVC Sheet	7.005	7.867	7.994	9.051	10.033
<i>Roofing</i>	2.551	4.611	7.188	8.935	10.993
Mainan anak	3.073	4.025	3.979	5.393	6.978
Alas kaki	1.253	2.507	2.727	3.475	4.050
Lain-lain*	4.402	7.628	8.135	22.715	28.895
<b>TOTAL</b>	<b>160.182</b>	<b>180.711</b>	<b>208.787</b>	<b>276.420</b>	<b>312.132</b>

Sumber: Indochemical 2005 yang dimodifikasi

Pada Tabel 14 di atas terlihat bahwa dari tahun 2000 sampai tahun 2004 perkembangan konsumsi PVC resin selalu mengalami kenaikan tiap tahun. Konsumsi PVC resin maksudnya adalah pemakaian PVC untuk dijadikan produk jadi plastik. Dari tahun 2000 hingga 2002 terjadi penambahan konsumsi PVC sebesar rata-rata 20.000 ton per tahun. Kenaikan yang sangat tinggi terlihat pada tahun 2003 sebesar hampir 70.000 ribu. Dilihat dari tabel di atas sebagian besar penggunaan PVC di Indonesia adalah untuk pipa yaitu sekitar 50% dari total konsumsi PVC (hampir separuh dari total konsumsi PVC resin nasional). Penggunaan PVC yang lain yang paling banyak adalah untuk kabel, kulit imitasi, botol dan *Houseware*. Dibandingkan dengan keempat penggunaan tersebut peningkatan paling banyak terjadi pada penggunaan *Houseware*. Hingga tahun 2004 volume peningkatan pemakaian aplikasi *Houseware* melebihi dari penggunaan botol PVC. Peneliti menganalisis bahwa banyak permintaan akan produk-produk PVC yang dipakai di rumah-rumah karena produk-produksi tersebut tidak berkarat, harganya murah, tidak mudah pecah, ringan, dan mudah dibersihkan. Sedangkan penggunaan botol PVC peningkatannya tidak terlalu besar. Pada negara-negara di Eropa penggunaan botol-botol dari PVC mulai diganti dengan botol dari jenis plastik lainnya atau botol kaca. Volume penggunaan botol PVC di Eropa sangat kecil dan tren pemakaiannya cenderung menurun seperti hasil dari laporan *European Commission* tahun 2000.



Gambar 8. Konsumsi PVC pada pipa

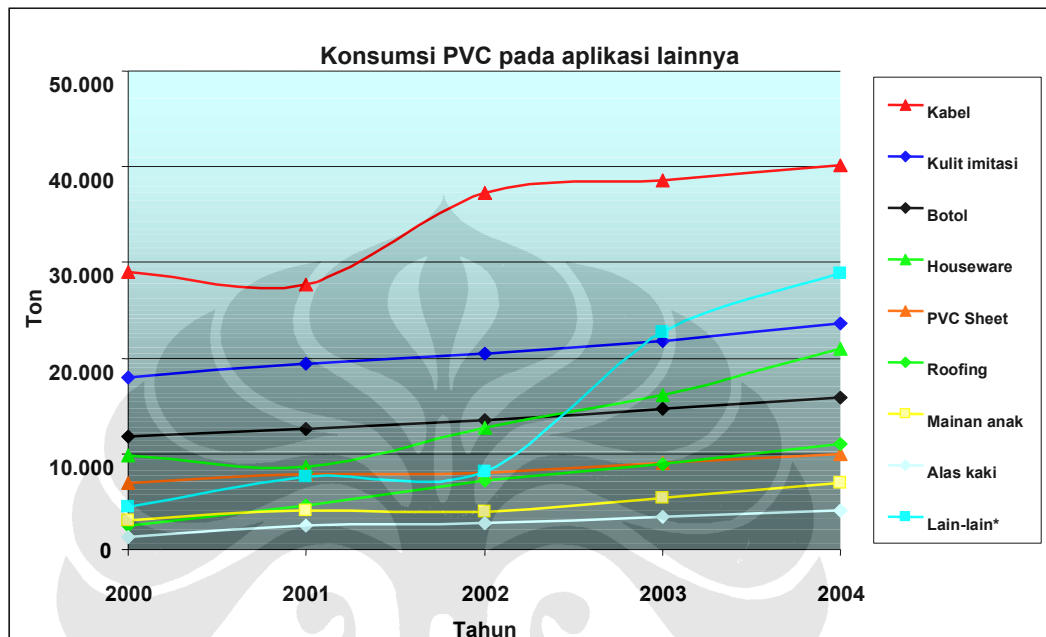
Dilihat pada gambar 8 di atas dari data tahun 2000, terlihat total pemakaian ke industri pipa mencapai 45,71% dari total konsumsi PVC resin. Jumlah ini meningkat pada tahun 2001 menjadi sebesar 47,40% dari total konsumsi. Tahun 2002 sampai 2004 relatif hampir sama yaitu hampir setengah dari konsumsi resin total. Hal ini berarti kira rata-rata tiga tahun tersebut konsumsi untuk pipa PVC sebesar 47,58%. Jumlah ini sangat stabil dari tahun ke tahun. Diperkirakan produksi pipa PVC masih terus menghabiskan setengah dari konsumsi PVC secara keseluruhan. Sampai saat ini di Indonesia terdapat sedikitnya 60 perusahaan yang memproduksi pipa PVC dengan kapasitas 350.000 ton per tahun. Berdasarkan standard yang ditetapkan (SNI) Kandungan PVC resin dalam pembuaan pipa adalah 92,5%. Namun kenyataannya hanya 70-80% tergantung permintaan. Jika diambil nilai 90% pembuatan pipa adalah bahan PVC maka total konsumsi PVC di dalam pipa PVC sebesar 315.000 ribu ton.

Tabel 15. Produksi pipa dan konsumsi PVC resin 2000-2004 (ton)

Tahun	Produksi pipa PVC	Konsumsi PVC resin	Kenaikan
2000	97.632	73.224	-
2001	114.209	85.657	17,0%
2002	126.427	94.820	10,7%
2003	181.017	135.763	43,2%
2004	200.660	150.495	10,9%

Sumber: Diolah dari berbagai sumber

Dari Tabel 15 di atas terlihat bahwa setiap tahun terjadi kenaikan produksi pipa yang menyebabkan pemakaian PVC terus meningkat. Dari informasi yang diperoleh, laju peningkatan kenaikan penggunaan PVC ini akan stabil hingga tahun 2011.



Gambar 9. Konsumsi PVC pada aplikasi lainnya

Pada Gambar 9 terlihat bahwa penggunaan untuk lain-lain mengalami peningkatan yang lebih tajam dibandingkan dengan penggunaan yang lain kecuali untuk pipa, masih di atas penggunaan lain-lain ini. Untuk penggunaan lain-lain ini peneliti mempunyai keterbatasan mengetahui apa saja aplikasinya. Hal ini terkait dengan semakin luasnya penggunaan plastik PVC untuk berbagai kebutuhan. Peneliti menganalisis bahwa komponen automotif termasuk dalam penggunaan ini.

Berdasarkan hasil proyeksi penggunaan PVC yang dilakukan oleh CIC Consultant (Tabel 16) pada tahun 2004, penggunaan PVC akan mengalami kenaikan. Hal ini sesuai dengan proyeksi konsumsi PVC resin di Indonesia dari data yang didapatkan yaitu mulai tahun 2005 sampai tahun 2009. Pipa dan kabel masih berada dalam peringkat atas untuk konsumsi PVC disusul dengan aplikasi produk lainnya.



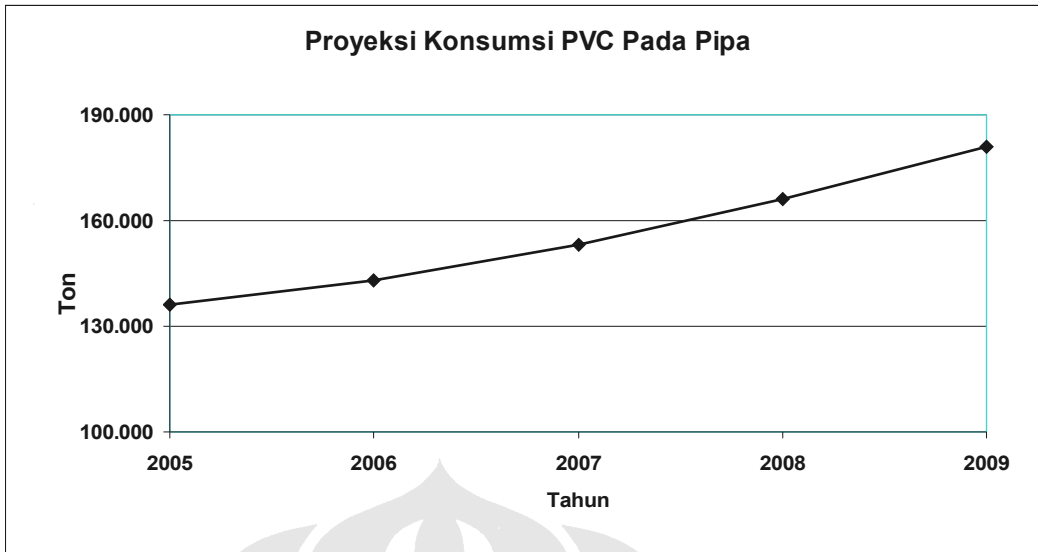
Tabel 16. Proyeksi konsumsi PVC resin di Indonesia 2005-2009 (ton)

<b>Industri</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
Pipa	136.198	143.008	153.018	166.025	180.967
Kabel	37.201	38.503	40.428	43.258	47.584
Kulit imitasi	22.051	22.602	23.732	25.394	27.679
<i>Houseware</i>	19.904	18.909	19.855	21.244	23.156
Botol	14.838	15.580	16.671	18.088	19.896
<i>Roofing</i>	10.443	10.809	11.349	12.144	13.237
PVC Sheet	9.331	9.797	10.483	11.374	12.511
Mainan anak	6.629	6.861	7.204	7.708	8.402
Alas kaki	3.848	3.982	4.181	4.474	4.877
Lain-lain*	27.450	28.411	29.832	31.919	34.792
<b>TOTAL</b>	<b>287.893</b>	<b>298.462</b>	<b>316.753</b>	<b>341.628</b>	<b>373.101</b>

\* termasuk stock

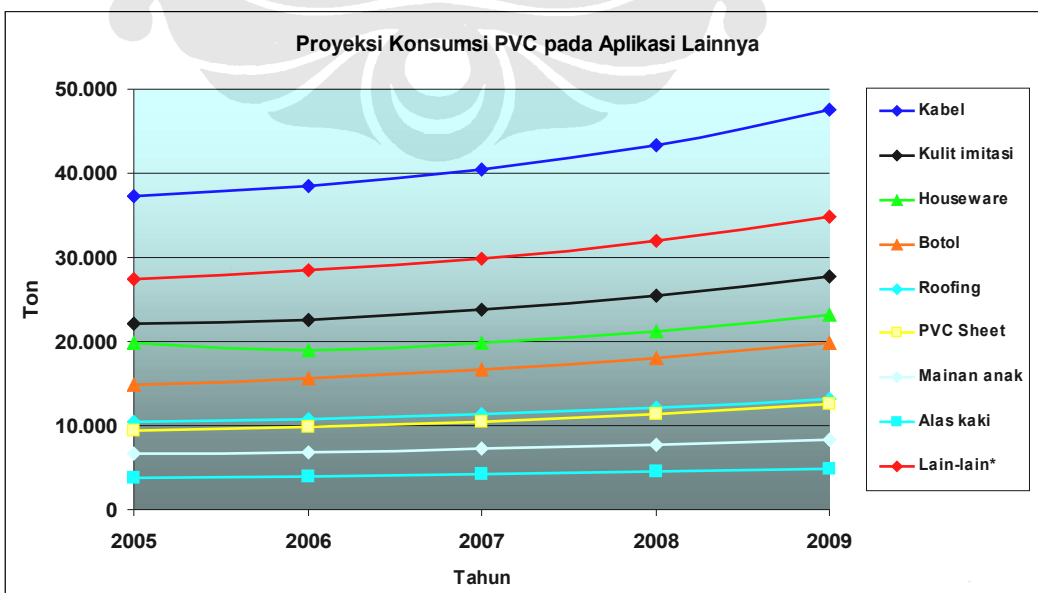
Sumber: Diolah dari berbagai sumber

Berdasarkan Tabel 16 di atas, konsumsi PVC masih terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Hal ini dikarenakan bahwa PVC masih mempunyai pangsa pasar di dalam negeri yang cukup baik. Peningkatan konsumsi ini didasarkan pada meningkatnya kebutuhan produk dari plastik PVC yang masih banyak dipakai. Tiap tahun total konsumsi PVC berturut-turut naik 4%, 6%, 8% hingga pada tahun 2009 mencapai 9%. Sedangkan untuk aplikasi penggunaan yang lain dari proyeksi konsumsi PVC terlihat bahwa terjadi peningkatan untuk penggunaan *houseware* dan *roofing*. Mulai tahun 2003 penggunaan produk *houseware* ini melebihi penggunaan botol dari PVC. Produk *houseware* ini akan menempati urutan keempat menggeser posisi penggunaan botol mulai dari tahun 2003 sampai tahun 2009. Kenaikan penggunaan ini dikarenakan meningkatnya permintaan barang-barang produk untuk rumah tangga dari bahan plastik PVC yang lebih murah, ringan, praktis dan biasanya tahan terhadap kerusakan. Peneliti mengasumsikan bahwa permintaan untuk jenis *houseware* ini antara lain, kain penutup kamar mandi (*shower curtain*), penutup lantai (*flooring*), dan lain sebagainya. Untuk produk PVC penutup atap (*roofing*) sendiri mulai tahun 2004 konsumsinya melebihi PVC *sheet*. Peningkatan ini akan terjadi hingga tahun 2009 dimana produksinya lebih banyak dari PVC *sheet*. Peningkatan penggunaan ini dikarenakan banyaknya permintaan *roofing* pada atap bangunan, sebagai bahan pengganti dari bahan konvensional lainnya. Namun penggunaannya di Indonesia belum sebesar penggunaannya di luar negeri.



Gambar 10. Proyeksi konsumsi PVC pada Pipa

Dari Gambar 10 di atas, untuk penggunaan PVC pada pipa masih menempati urutan teratas. Dari tahun 2005 sampai tahun 2009 berturut-turut kenaikan produksinya sebesar 5,0%, 7,0%, 8,5% dan 9%. Sedangkan kenaikan produksi pipa PVC rata-rata per tahun dari 2005 hingga tahun 2009 dari total konsumsi PVC adalah sebesar 48,13%. Nilai ini dari tahun 2000 terlihat tetap yaitu hampir 50% dari total keseluruhan konsumsi PVC di Indonesia dipakai untuk pembuatan pipa PVC. Diperkirakan kenaikan ini terus terjadi sampai tahun 2010. Asumsi yang dipakai adalah terjadi peningkatan kapasitas PVC resin dan kebutuhan penggunaan pipa dari PVC.



Gambar 11. Proyeksi Konsumsi PVC pada Aplikasi Lainnya

Dari Gambar 11 di atas rata-rata kenaikan produk-produk PVC di atas mengalami peningkatan yang stabil tiap tahunnya. Untuk mainan anak hingga tahun 2009 konsumsi totalnya mencapai 8000 ton lebih atau sekitar naik hingga 27% dari tahun 2005. Kenaikan ini terkait aplikasi PVC yang dapat dipakai pada setiap mainan anak. Peningkatan ini menurut peneliti menjadi suatu dampak yang harus diperhitungkan terkait masalah bahaya yang ditimbulkan terhadap anak-anak yang menggunakannya. Khusus penggunaan lain-lain, walupun nilainya sempat turun pada tahun 2004 dan 2005 namun konsumsinya cukup besar dibandingkan dengan kulit imitasi dan produk di bawahnya. Peneliti mengakui sangat terbatas untuk mengetahui penggunaan apa saja pada aplikasi lain-lain tersebut. Asumsi peneliti adalah penggunaan tersebut banyak aplikasi pada komponen elektronik, automotif dan peralatan kesehatan (*medical devices*).

#### **4.3. Analisis Kelayakan Penggunaan Plastik PVC**

Dari jawaban responden, tampak bahwa dampak penggunaan plastik PVC terhadap lingkungan cukup besar. Secara kuantitatif digambarkan pada Tabel 17. Dampak ini ada pada beberapa produk seperti pada mainan anak dan kemasan pangan sekali pakai, yang biasanya mengandung bahan pelembut DOP (*Diocetyl Pthalate*). Kandungan zat aditif pada PVC ini termasuk kategori berbahaya. Termasuk zat ini adalah *plasticizer* dari golongan pthalat dan stabiliser dari golongan logam berat seperti kadmiun dan Pb. Dari keterangan yang diperoleh sudah banyak dilakukan penelitian pengganti alternatif zat aditif pada PVC. Dari LIPI puspitek tangerang pada tahun 2004 Dr Agus Haryono dan kawan-kawan pernah melakukan beberapa penelitian bahan pemelastis yang biodegradable dari bahan dasar minyak kelapa sawit. Bahan ini sangat berlimpah mengingat Indonesia pada tahun 2010 akan menjadi produsen minyak kelapa sawit terbesar. Bahan aditif dari minyak ini mempunyai karakteristik yang hampir mirip dengan DOP. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa produk PVC dengan *plasticizer* minyak kelapa sawit mempunyai efek biodegradabel dan karakteristik yang lebih baik dibandingkan dengan produk PVC menggunakan *plasticizer* pthalat. Dampak bahaya lain juga dapat muncul pada pemakaian produk yang tidak sesuai seperti pendapat responden dari peneliti LIPI dan

BPPT. Penggunaan yang salah yaitu tidak memenuhi persyaratan produk. Misalnya pada kabel, terdapat banyak spesifikasi teknis produk, spesifikasi produk tersebut mengacu pada persyaratan teknis dimana kabel itu akan di pasang. Kabel untuk listrik tegangan tinggi (*power cable*) berbeda persyaratan teknisnya dengan kabel yang terpasang untuk peralatan rumah tangga (*household appliance*).

Tantangan penggunaan produk PVC di Indonesia ini dari beberapa responden terkait masalah isu lingkungan yang muncul. Dengan demikian beberapa peluang yang muncul dari pengembangan produk ini harus memperhatikan masalah isu lingkungan terhadap plastik yang lebih ramah terhadap lingkungan. Dalam hal ini PVC masuk ke dalam isu lingkungan sebagai produk plastik yang berbahaya. Isu lingkungan ini seperti misalnya dugaan kandungan dioksin pada setiap produk PVC oleh negara-negara Eropa dan bahkan Jepang akan membuat pasar produk PVC di Indonesia berkurang pangsa pasarnya.

Tantangan yang paling besar adalah pelarangan penggunaan produk plastik dari PVC di Eropa pada tahun 2020. Dari beberapa responden mengatakan bahwa produk ekspor Indonesia akan berpengaruh akibat kebijakan pelarangan penggunaan PVC tersebut. Ada juga responden mengatakan bahwa kebijakan di Eropa tersebut tidak akan terlalu berpengaruh terhadap produksi PVC di Indonesia, dengan alasan bahwa PVC merupakan sumber utama dioksin dan beresiko terhadap penyakit kanker hanya bersifat dugaan saja. Kajian terhadap masalah ini di Indonesia belum dapat dilakukan karena belum mempunyai cukup dana untuk melakukannya. Namun peneliti berpendapat bahwa isu lingkungan terhadap plastik PVC akan berpengaruh terhadap produksi PVC di Indonesia. Dengan tidak adanya dana riset yang cukup untuk melakukan penelitian akan bahaya-bahaya yang ditimbulkan oleh plastik PVC, maka sebaiknya pelarangan penggunaan produk PVC harus dapat diikuti, karena jika tidak, dikhawatirkan Indonesia hanya dijadikan sebagai tempat pembuangan sampah saja.

Untuk peluang penggunaan PVC di Indonesia 10 sampai 20 tahun ke depan beberapa responden masih melihat bahwa produksi PVC masih terus berkembang. Hal ini dikarenakan bahan baku pembuatan PVC masih banyak

tersedia di Indonesia dan pasar domestik maupun luar masih cukup besar. Perkembangan yang cukup bagus ini terjadi pada produk PVC di sektor pipa, kabel dan bingkai jendela dan daun pintu (*windows frame*). Beberapa alasan yang dikemukakan adalah bahwa produk-produk PVC tersebut mempunyai umur pakai yang lama hingga 50 tahun. Pemakaian pipa PVC diasumsikan tidak akan mempunyai dampak yang membahayakan bagi manusia dan lingkungan karena ditempatkan jauh di dalam tanah dan mempunyai ketahanan yang lama dibandingkan dari pipa logam. Bahkan potensi untuk pengembangan lebih lanjut PVC untuk bahan pengganti bodi kapal laut menurut pendapat responden dari departemen perindustrian masih cukup bagus.

Kebijakan pengaturan penggunaan produk plastik PVC di Indonesia menurut beberapa responden dirasakan perlu tetapi ada yang menyatakan belum saatnya. Mereka yang menyatakan tidak perlu mengikuti kebijakan pengaturan tersebut beralasan bahwa produk PVC merupakan salah satu produk andalan industri Indonesia. Mereka menyatakan bahwa tidak semua yang dilarang di luar negeri tentang suatu produk harus selalu diikuti oleh negara Indonesia. Untuk mereka yang menyatakan bahwa kebijakan pengaturan ini perlu dilakukan di Indonesia karena untuk meminimalkan dampak yang akan ditimbulkan plastik PVC terhadap manusia dan lingkungan. Pengaturan penggunaan produk PVC ini khususnya ditekankan kepada produk untuk kemasan makanan dan juga untuk produk mainan anak. Namun kebijakan pelarangan penggunaan produk PVC di Indonesia tidak akan diadopsi secara dekat ini. Hal ini perlu pengkajian pertimbangan masalah sosial ekonomi dan juga lingkungan. Namun demikian perlu dijadikan sebuah pemikiran dan perhatian bagi para produsen PVC di Indonesia.

Pengaturan penggunaan PVC ini perlu dilakukan dengan adanya kerjasama antar instansi yang terkait. Instansi ini antara lain Departemen Perindustrian, Kementerian Lingkungan Hidup dan juga BPOM untuk produk PVC yang dipakai sebagai kemasan bahan makanan dan obat-obatan. Namun menurut peneliti pengaturan penggunaan produk PVC di Indonesia perlu dilakukan. Hal ini terkait dari beberapa literatur seperti *Belliveau*, *Tickner* dan *Thornton* yang menyatakan bahwa PVC merupakan plastik yang berbahaya. produk plastik lain perlu juga

untuk diuji kelayakannya apakah sudah memenuhi kriteria standard produk plastik yang aman yang dapat dipakai oleh manusia dan tidak membahayakan lingkungan.

Tabel 17 Jawaban Responden

No.	Masalah	Pendapat	
1.	Dampak PVC terhadap manusia dan lingkungan	5 responden menyatakan bahwa secara umum PVC mempunyai dampak terhadap manusia dan lingkungan	3 responden menyatakan bahwa dugaan PVC berbahaya belum diteliti di Indonesia
2.	Kandungan produk PVC	5 responden menyatakan bahwa kandungan di PVC (aditif) berbahaya namun dapat diganti dengan bahan yang ramah lingkungan	3 responden menyatakan bahwa kandungan PVC sama seperti plastik lain
3.	Peluang dan tantangan	4 responden menyatakan akan ada isu lingkungan terkait plastik PVC sehingga memungkinkan peluang peningkatan produksinya akan terpengaruh	4 responden menyatakan bahwa isu PVC tidak berpengaruh di Indonesia sehingga peluangnya masih tetap tinggi
4.	Kebijakan pelarangan	4 responden menyatakan kebijakan pelarangan penggunaan PVC perlu diterapkan di Indonesia tetapi tidak waktu sekarang dan dilakukan bertahap.	3 responden menyatakan bahwa kebijakan di luar negeri tidak harus selalu diikuti di Indonesia. Sedangkan 1 responden menyatakan perlu penelitian terkait adanya kebijakan pelarangan
5.	Alternatif plastik lain	5 responden menyatakan plastik lain dari golongan polietilena dapat menggantikan PVC	3 responden menyatakan penggantian dari plastik lain sesuai dengan produk masing-masing.

Penggunaan beberapa produk PVC harus juga dilihat bahayanya terhadap manusia dan lingkungan. Mulai dari pembuatan produk hingga pada pembuangan akhir, produk PVC dapat dilihat potensi bahayanya. Beberapa produk PVC seperti pipa, kabel, mainan anak dan produk lainnya akan dilihat bahayanya terhadap manusia dan lingkungan.

Dari gambar 5 siklus PVC terlihat bahwa selama proses pembuatan produk PVC dihasilkan limbah dari tahap bahan baku hingga pada saat proses pembuatan. Pengelolaan limbah ini sejalan dengan penanggulangan yang dilakukan pada Tabel 18. Hal penting dari tahapan proses ini adalah adanya audit lingkungan yang akan memonitoring dan melakukan proses pengelolaan limbah sehingga sesuai dengan persyaratan limbah yang ditetapkan. Untuk tahap penggunaan produk bahaya dapat dicegah dengan mengikuti prosedur pemakaian yang ditetapkan, sehingga tidak salah dalam penggunaan (*misuse*). Sedangkan pada tahap pembuangan adalah bahaya pada pembakaran yang mengeluarkan gas berbahaya seperti dioksin dan HCl.

Tabel 18 Penanggulangan Bahaya PVC

<b>Fase</b>	<b>Penanggulangan</b>
1. Bahan Baku	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoring alat pendeteksi gas</li> <li>• Inspeksi tanki penyimpanan</li> </ul>
2. Produksi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoring pengolahan limbah</li> <li>• Pengembangan teknologi proses</li> <li>• Penggantian aditif yang ramah lingkungan</li> <li>• Penggunaan safety equipment</li> <li>• Audit lingkungan <i>internal</i> dan <i>external</i></li> </ul>
2. Penggunaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penggunaan sesuai rekomendasi produk</li> </ul>
3. Pembuangan	
a. <i>Recycling</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daur ulang hanya untuk produk sejenis</li> <li>• Pengembangan teknologi pengolahan limbah</li> </ul>
b. <i>Landfill</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoring <i>landfill</i></li> <li>• Pengembangan unit <i>landfill</i></li> </ul>
c. Pembakaran	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penggunaan alat pembakaran limbah dengan cerobong asap yang tinggi</li> </ul>

Walaupun PVC diketahui merupakan salah satu plastik yang berbahaya namun penggunaannya diasumsikan terjadi peningkatan. Hal ini berkaitan dengan aspek perilaku dari masyarakat Indonesia yang umumnya belum peduli akan penggunaan bahan atau produk yang ramah lingkungan.

Untuk penilaian kelayakan penggunaan PVC dipakai metoda SWOT. Metode ini digunakan untuk mencari faktor-faktor kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman masing-masing plastik seperti PE, PP dan ABS. Masing-masing faktor tersusun atas elemen-elemennya sebagai berikut:

- a. Faktor Kekuatan:
  - Harga jual produk
  - Penggunaan produk akhir
  - Biaya pembuatan produk
- b. Faktor Kelemahan:
  - Zat aditif pada produk
  - Teknologi pembuatan produk
  - Teknologi pengolahan limbah produk
  - Aplikasi zat aditif pada produk
- c. Faktor Peluang
  - Peluang penggunaan
  - Peluang untuk didaur ulang
  - Peningkatan produksi produk
- d. Faktor Ancaman
  - Pengaturan penggunaan
  - Dampak terhadap lingkungan
  - Dampak terhadap manusia

Masing-masing faktor dari kekuatan dan kelemahan untuk lingkungan internal dan peluang dan ancaman untuk lingkungan eksternal kemudian dianalisis dengan metoda SWOT. Setelah dilakukan pembobotan dan pemberian rating didapatkan skor untuk masing-masing plastik. Hasil dari analisis SWOT ini disajikan dalam Tabel 19 yang menyatakan nilai masing-masing plastik.



Tabel 19. Nilai masing-masing SWOT dari plastik

No	Plastik	Analisis Lingkungan	Analisis Lingkungan	Nilai	Nilai
		Internal	Eksternal		
		Skor Gabungan S-W	Skor Gabungan O-T	Tengah	Maks
1.	PVC	2,48	2,28	2,5	4
2.	PE	2,53	2,63	2,5	4
3.	PP	2,51	2,59	2,5	4
4.	ABS	2,38	2,34	2,5	4

Sumber: hasil pengolahan data kuisioner

Berdasarkan Tabel 19 di atas dari empat plastik yang ada terlihat plastik PE dan PP melampaui nilai tengah baik dari skor faktor lingkungan internal maupun eksternalnya. Namun nilai yang paling tinggi diperoleh PE. Hal ini berarti bahwa plastik PE adalah plastik yang lebih banyak dipakai dan mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan plastik lainnya menurut pandangan responden. Sedangkan plastik PVC dan ABS mempunyai skor faktor internal dan eksternalnya lebih rendah dari nilai tengah yang berarti bahwa plastik ini lebih banyak kelemahan dan ancamannya. Plastik ABS merupakan plastik dengan skor internal dan eksternalnya paling kecil dibandingkan dengan plastik lainnya. Dengan demikian plastik ini mempunyai banyak kelemahan dan ancamannya dibandingkan dengan ketiga plastik lainnya. Dari hasil SWOT terlihat bahwa plastik PE mempunyai nilai tertinggi untuk faktor eksternalnya. Ancaman penggunaan PE di masa mendatang juga terlihat kecil. Hal ini juga terlihat dari pendapat responden bahwa peluang penggunaan PE akan semakin besar. Beberapa responden juga berpendapat bahwa pengaturan penggunaan plastik PE dan juga PP belum saatnya diterapkan. Keunggulan dari segi bahaya dan dampak yang ditimbulkan jauh lebih kecil dibandingkan dengan jenis plastik PVC. Hal itu yang membuat pengaturan terhadap kedua plastik ini tidak perlu diterapkan. Namun untuk pembuatan produk dari kedua plastik tersebut harus sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

Beberapa keunggulan dari plastik PE dan PP diantara plastik lainnya adalah mereka lebih mudah untuk didaur ulang, dengan demikian proses pengolahan limbahnya tidak sulit, penggunaan zat aditif yang dipakai tidak terlalu luas pada

tiap aplikasi dan mempunyai bahaya yang sangat kecil, harga produknya termasuk murah dan yang paling penting dari sisi lingkungan dan pengguna, plastik ini mempunyai dampak bahaya terhadap manusia dan lingkungan yang lebih kecil dibandingkan dengan plastik lainnya. Hal ini sesuai dengan *Greenpeace* 2002 yang menyatakan bahwa plastik jenis PE dan PP berada pada tingkatan yang paling bawah dalam hal tingkat bahaya dan dampak terhadap manusia dan lingkungan. Isu lingkungan yang menyangkut masalah plastik ini adalah isu proses terdegradasinya ke dalam lingkungan. Plastik poliolefin dan juga plastik pada umumnya mempunyai waktu yang sangat lama untuk terdegradasi ke dalam lingkungan secara alami.

Dengan beberapa keunggulan di atas, penggunaan kedua plastik tersebut termasuk cukup banyak di Indonesia. Dari konsumsi thermoplastik di Indonesia dari tahun 1995 hingga tahun 2003, pemakaian kedua plastik ini mencapai sekitar 1,4 juta ton per tahun. Dari beberapa pendapat responden menyatakan harga jualnya dengan produk PVC juga cukup bersaing, walaupun pada harga pipa, PP sedikit di atas harga pipa PVC. Penggunaan kedua jenis plastik ini di masa mendatang akan semakin meningkat menggantikan penggunaan PVC. Peluang ini diperoleh mengingat isu lingkungan terhadap plastik PVC akan mempengaruhi peningkatan penggunaan PVC.

Dari Tabel 19 dapat dilihat bahwa nilai plastik PVC dari faktor internalnya mempunyai nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan PE dan PP tetapi lebih besar dibandingkan dengan plastik ABS. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan plastik PVC memang masih di bawah plastik PE dan PP. Namun penggunaan pada aplikasi gedung dan bangunan seperti pipa, insulasi kabel, dan lainnya PVC lebih besar dari kedua plastik tersebut. Untuk faktor eksternal PVC mempunyai nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan plastik lainnya. Hal ini menandakan bahwa peluang penggunaan PVC di masa mendatang akan mengalami penurunan, terkait masalah isu lingkungan sebagai plastik yang paling berbahaya dibandingkan dengan plastik lainnya. Peluang penggunaan ini terkait juga bahwa PVC merupakan plastik yang sangat sulit untuk di daur ulang. Jika produk plastik pasca penggunaan sudah bercampur antara plastik, jika dilakukan suatu daur ulang maka PVC dapat mengkontaminasi proses daur ulang tersebut. Hal ini

dikarenakan zat aditif yang terkandung dalam plastik PVC dapat mencemari plastik lainnya. Dari penelitian di Eropa bahkan dinyatakan seandainya satu botol PVC bercampur di antara 10.000 botol plastik lainnya maka hal itu dapat mengkontaminasi proses daur ulang plastik tersebut.

Kandungan zat aditif pada produk PVC diketahui mengandung beberapa zat yang berbahaya seperti *plasticizer* dan *stabilizer*. Zat aditif ini dapat terlepas dari produk PVC karena tidak terikat secara molekular. Untuk memenuhi persyaratan menjadi suatu produk dengan grade tertentu, kandungan zat aditifnya harus berada di bawah ambang batas yang telah ditetapkan. Contoh Plastik PVC yang dijadikan sampel pengecekan kandungan zat aditifnya adalah PVC Compound. Banyaknya zat yang ingin diketahui adalah timbal (Pb), kadmium (Cd) dan merkuri (Hg). Tabel 20 menunjukkan kandungan zat aditif dalam Plastik PVC.

Tabel 20 Kandungan Zat Aditif PVC

Parameter	Method	Unit	MDL	Result
Lead (Pb)	Drying Ashing-ICP OES	ppm	2	10
Cadmium (Cd)	BS EN 1122-2001-ICP OES	ppm	1	n.d
Chromium Hexavalent (Cr <sup>+6</sup> )	Alkaline Digestion-Spectrophotometer	ppm	1	n.d
Mercury (Hg)	Mix Acid Digestion-AAS	ppm	1	n.d

Sumber: Rapindo, 2007

Dari Tabel 20 kandungan timbalnya sebesar 10 ppm. Besarnya persyaratan kandungan ini bergantung pada aplikasi produknya. Produk pada mainan misalnya akan berbeda persyaratan pada produk kabel atau pipa. Biasanya sebelum produk PVC dijual kandungan Pb ini diuji apakah berada dalam nilai yang dipersyaratkan.

Tabel 21 Kandungan Zat Aditif PVC Compound Untuk Kabel

No.	Item	Pb (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)
1.	PVC Compound	8,521	0,144	0,225

Sumber: Rapindo 2007

Tabel 21 menunjukkan hasil analisis lab internal di PT Rapindo menunjukkan bahwa kandungan Pb di dalam PVC *compound* yang akan dipakai pada kabel tidak terlalu tinggi yaitu hampir mencapai 9 ppm. Hal ini dikarenakan konsumen

Rapindo mempunyai permintaan ketat dalam hal kandungan zat aditifnya. Persyaratan kandungan zat aditif untuk senyawa Pb harus menjadi acuan standar agar tidak melebihi batas yang disyaratkan.

Untuk plastik *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) terlihat dari analisis SWOT bahwa plastik jenis ini mempunyai nilai yang kecil dibandingkan nilai tengahnya baik pada faktor lingkungan internal maupun eksternalnya. Plastik ABS mempunyai banyak kelemahan dan ancamannya sehingga menjadi alternatif plastik paling akhir di antara plastik lainnya. ABS digunakan sebagai plastik keras pada berbagai aplikasi misalnya pipa, bagian depan mobil (*bumper car*), dan pada mainan. ABS juga menggunakan sejumlah besar bahan kimia yang berbahaya. *Acrylonitrile* merupakan bahan beracun dan dapat terserap oleh manusia melalui inhalasi dan langsung ke kulit. *Acrylonitrile* diklasifikasikan sebagai zat yang bersifat karsinogenik terhadap manusia. Dari segi penggunaan plastik ini pun tergolong lebih kecil dibandingkan dengan plastik lainnya. Penggunaan terbesar dari plastik ini pada aplikasi elektronik dan listrik. Namun dibandingkan dengan plastik PVC, penggunaannya pada sektor tersebut masih jauh lebih kecil. Untuk kategori harga plastik ABS mempunyai harga yang lebih mahal dibandingkan ketiga plastik tersebut.

Seperti telah dijelaskan bahwa Plastik PVC, PE, PP dan ABS merupakan plastik sintetis yang dibuat dari bahan dasar minyak bumi. Ethylene merupakan bahan dasar pembuatan plastik PVC dan PE. Sedangkan propylene merupakan bahan dasar pembuatan plastik PP dan ABS. Semakin banyak penggunaan plastik, semakin banyak pula minyak bumi yang dipakai dalam proses pembuatan plastik. Minyak bumi termasuk salah satu sumber energi tak terbarukan, sehingga dapat mengurangi sumber daya minyak. Plastik banyak dipakai karena harganya murah dan mempunyai sifat yang lebih baik dibandingkan barang non-plastik. Penggunaan minyak bumi yang dikonsumsi masing-masing plastik (termasuk energi) dapat dilihat pada Tabel 22.

Tabel 22 Bahan Baku yang Dibutuhkan Dalam Pembuatan Plastik

No.	Plastik (Produk 1 kg)	Minyak Bumi yang dibutuhkan (Kg)	<i>Equivalent Heating Value</i> (Equivalent to kg oil)
1.	PVC	1,5	0,25
2.	PE (LDPE)	2	0,75
3.	PE (HDPE)	1,75	0,75
4.	PP	1,75	0,75
5.	ABS	-	-

Sumber: *Green Plastic*, 2003

Tabel 22 menunjukkan besarnya energi yang dibutuhkan untuk membuat 1 kg produk plastik. Dari Tabel 22 terlihat bahwa Plastik PE jenis LDPE merupakan plastik yang membutuhkan energi paling besar yaitu setara dengan 2 kg minyak bumi. Sedangkan Plastik PVC membutuhkan energi paling kecil yaitu setara dengan 1,5 kg minyak bumi. Dilihat dari nilai ini memang konsumsi PVC lebih kecil, namun jika dikaji lebih jauh lagi dampak yang ditimbulkannya lebih besar dari sumber daya yang dibutuhkan. Untuk nilai *Heating Value*, PVC mempunyai nilai paling kecil yaitu setara dengan 0,25 kg minyak bumi.

Jika dilihat karakteristik masing-masing plastik PVC, PE, PP dan ABS, ternyata plastik PE mempunyai karakteristik yang lebih baik dibandingkan dengan plastik lainnya. Tabel 23 menyatakan sifat karakteristik masing-masing plastik yang dilihat dari 11 sifat umum yang biasa dijadikan perbandingan sifatnya.

Tabel 23 Profil Karakteristik Masing-Masing Plastik

No	Karakteristik	PVC	PP	PE	ABS
1.	Harga	+	+	+	0
2.	Kemudahan Proses	0	+	+	0
3.	Kekuatan Tensile	-	0	-	0
4.	Sifat Kekakuan	-	0	-	0
5.	Kekuatan Tekan	+	-	+	0
6.	Kekerasan	-	0	-	0
7.	Jangkauan Suhu	-	0	0	-
8.	Ketahanan Kimia	+	+	+	0
9.	Ketahanan Cuaca	0	-	-	0
10.	Ketahanan Air	0	+	+	0
11.	<i>Flammability</i>	0	+	+	-

Sumber: Bill Mayer, 1997

Keterangan:

+ : Sangat bagus

0 : Sedang

- : Tidak direkomendasikan

Karakteristik pada Tabel 23 menyatakan sifat-sifat polimer plastik yang umum diketahui. Dari tabel tersebut terlihat bahwa sifat plastik PE dibandingkan plastik lainnya mempunyai sifat dan karakteristik yang lebih baik. Sifat (+) pada Tabel 23 menyatakan karakteristiknya sangat bagus. Dari 11 sifat yang dibandingkan, plastik PE mempunyai jumlah (+) paling banyak yaitu 6 buah, PP mempunyai 5, PVC mempunyai 3 dan ABS tidak mempunyai nilai (+). Tanda (0) berarti sifatnya tidak terlalu baik. Sedangkan tanda (-) berarti tidak direkomendasikan. Dari Tabel 23 terlihat plastik ABS mempunyai karakteristik di bawah plastik lainnya.

Tabel 24 di bawah menunjukkan beberapa sifat teknis dari masing-masing plastik. Sifat-sifat ini menentukan kemampuan atau performa plastik pada tiap aplikasinya. Untuk kekuatan tempa dan tensile plastik PVC mempunyai nilai yang paling besar sehingga PVC memang masih banyak digunakan untuk aplikasi produk yang keras atau kaku seperti pada pipa dan aplikasi bangunan lainnya. Sedangkan untuk aplikasi pengemasan PE dan PP mempunyai sifat yang lebih baik dibandingkan plastik lain. Plastik PE atau PP mampu tahan dari pengaruh asam dan basa serta pelarut organik.

Tabel 25 menunjukkan perbandingan plastik dengan melihat berbagai faktor seperti harga, peluang penggunaan, bahaya terhadap manusia dan lingkungan dan daur ulang serta beberapa kelebihan dan kekurangan plastik. Dari Tabel 25 terlihat bahwa untuk jenis plastik PE dan PP mempunyai kategori yang lebih baik. Untuk plastik PVC dan ABS terlihat mempunyai beberapa kekurangan seperti pada bahaya terhadap manusia dan lingkungan walaupun sifat daur ulangnya ABS masih lebih mudah dilakukan dibandingkan plastik PVC. Faktor kelebihan dan kekurangan pada Tabel 24 juga dianalisis dari Tabel 25 dengan melihat sifat-sifatnya.

Tabel 24 Sifat-Sifat Thermoplastik

Sifat	Polyethylene				Poly (Vinyl Chloride)		ABS	Polypropylene
	"Linear"		High Density		Keras	Lunak		
	Low Density (Branched)	Low Density	(Linear)					
Specific gravity (g/cm <sup>3</sup> )	0.910-0.925	0.918-0.935	0.941-0.965	1.35-1.45	1.1601.35	1.02-1.04	0.902-0.906	
Refractive index (n <sub>D</sub> <sup>25</sup> )	1.51	1.51	1.54	1.52-1.55	-	-	1.49	
Kekuatan Tensile (psi)	600-2300	1900-4000	3100-5500	5000-9000	1500-3500	3500-6200	4300-5500	
Daya Ulur (%)	90-800	100-950	20-1000	2.0-40.0	200-450	5-60	200-700	
Tensile modulus (10 <sup>5</sup> psi)	0.14-0.38	0.38-0.75	0.6-1.8	3.5-6	-	2-3.5	1.6-2.3	
Kekuatan Tempa (ft-lb/in. of notch)	>6	1.0-9.0	0.5-2.0	0.4-20	bervariasi	3-8	0.5-0.5	
Heat-deflection temp (°F, 264 psi)	90-105	-	110-130	130-175	-	200-218	125-140	
Konstanta Dielektrik (1000 cycles)	2.25-2.35	2.25-2.35	2.30-2.35	3.0-3.3	4.0-8.0	2.4-4.5	2.2-2.6	
Dielectric loss	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.009-0.017	0.07-0.16	0.004-0.007	<0.0005-0.0018	
Penyerapan Air (one-eighth in. bar, 24 hr, %)	<0.015	-	<0.01	0.07-0.4	0.15-0.75	0.2-0.45	<0.01	
Laju pembakaran	Sangat Lambat	Sangat Lambat	Sangat Lambat	Pemadaman Sendiri	Pemadaman Sendiri lambat	Lambat	Lambat	
Pengaruh Cahaya	Membutuhkan Perlindungan	Membutuhkan Perlindungan	Membutuhkan Perlindungan	Kecil	Kecil	Kecil	Membutuhkan Perlindungan	
Pengaruh Asam atau Basa Kuat	Tahan	Tahan	Tahan	Tahan	Tahan	Attacked, acids	Tahan	
Pengaruh Pelarut Organik	Tahan di bawah 80°C	Tahan	Tahan di bawah 80°C	Larut	Larut	Larut	Tahan di bawah 80°C	
Penampakan	Buram	Buram	Buram	Transparan	Transparan	Buram	Buram	

Sumber: BillMayer, 1997

Tabel 25 Perbandingan Plastik

Plastik	Harga	Peluang Penggunaan	Bahaya terhadap manusia dan lingkungan	Daur Ulang	Kelebihan	Kelemahan
PVC	Murah	Sedang	Besar	Susah	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Harga murah</li> <li>2. Aplikasi luas</li> <li>3. Umur produk lama</li> <li>4. Salah satu andalan produk ekspor</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bahan dasar klorin</li> <li>2. Zat aditif berbahaya</li> <li>3. Produk susah didaur ulang</li> <li>4. Bahaya terhadap manusia dan lingkungan</li> </ol>
PE	Murah	Besar	Kecil	Mudah	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Harga murah</li> <li>2. Aplikasi yang luas</li> <li>3. Resisten yang baik terhadap bahan kimia dan air</li> </ol>	Sifat fisika seperti kekerasan, kekuatan tensile, kekakuan dan pengaruh cuaca kurang baik
PP	Murah	Besar	Kecil	Mudah	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Harga relatif murah</li> <li>2. Aplikasi yang luas</li> <li>3. Resisten yang baik terhadap bahan kimia dan air</li> </ol>	Sifat fisika seperti kekerasan, kekuatan tekan dan ketahanan cuaca kurang baik
ABS	Sedang	Sedang	Besar	Sedang	Aplikasi plastik pada komponen aotomotif meningkat	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Jangkauan temperatur kecil</li> <li>2. Termasuk plastik dengan bahan kimia berbahaya</li> <li>3. Pemakaian terbatas</li> </ol>

Sumber: Kuesioner yang diolah, BillMayer 1997



Walaupun secara umum plastik PVC merupakan plastik yang berbahaya namun penggunaan pipa dari PVC masih banyak digunakan di Indonesia. Seperti pada Tabel 16 yang menunjukkan peningkatan penggunaan pipa PVC setiap tahunnya. Penggunaan ini diproyeksikan akan terus meningkat hingga tahun 2015. Plastik PVC disamping mempunyai beberapa kelemahan namun mempunyai beberapa keunggulan yang lain. Beberapa keunggulan atau kelebihan plastik PVC ini antara lain adalah:

a. Harga Murah

Dibandingkan dengan harga jual produk plastik lainnya PVC termasuk produk yang mempunyai harga yang relatif murah. Produk plastik yang menggunakan material PVC dengan demikian mempunyai daya saing yang bagus terhadap produk dengan material plastik lainnya.

b. Kualitas bagus

Produk PVC dikenal mempunyai kualitas yang bagus. Kualitas ini antara lain seperti karakteristik produknya yang dapat bertahan lama hingga masa pakai lebih dari 40-50 tahun. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2 yang memperlihatkan umur pakai plastik. Selain itu beberapa produknya tahan terhadap sinar matahari seperti kulit imitasi, kantong transfusi darah, pipa, kabel, *clink-film* dan bingkai jendela atau pintu (*frames*).

c. Aplikasi penggunaan yang luas

PVC dikenal sebagai salah satu plastik yang mempunyai aplikasi penggunaan yang sangat luas. Hal ini berarti PVC dapat dipakai dalam berbagai macam produk dengan jangkauan yang lebih besar dibandingkan dengan produk plastik sejenis. Semua penggunaan yang luas itu dikarenakan bahwa PVC dapat diatur atau dibuat sesuai dengan aplikasi yang diinginkan.

Dalam melakukan kajian aplikasi plastik PVC peneliti meninjau berdasarkan:

a. Pemakaian paling banyak. Salah satu alasannya karena produk-produk ini menyerap pemakaian paling banyak di Indonesia sehingga penggunaan produk ini akan ditinjau kelayakan penggunaannya.

b. Berinteraksi dengan manusia. Produk ini sangat berinteraksi langsung dengan manusia sehingga peluang bahaya atau dampak yang akan ditimbulkan lebih besar peluangnya untuk terjadi.

Dari sepuluh jenis produk aplikasi PVC tersebut, pada penelitian ini hanya dibahas tentang aplikasi pipa, kabel, dan mainan anak. Hal tersebut dilakukan karena ketiga produk tersebut merupakan produk yang banyak dipakai di Indonesia dan produk yang mempunyai dampak langsung terhadap manusia meskipun jumlah pemakainnya masih relatif kecil di Indonesia dalam hal ini adalah mainan anak. Dari Tabel 14 di atas, bisa dibagi lagi antara penggunaan langsung dan tidak langsung terhadap manusia. Berikut dapat kita kategorikan lagi penggunaan tersebut:

a. Penggunaan Langsung

Dari penggunaan langsung ini adalah barang-barang produk PVC yang langsung dipakai oleh manusia. Hal ini memungkinkan terjadinya kontak langsung (*direct contact*). Penggunaan langsung ini antara lain:

- Botol
- *Houseware* (Alat-alat rumah tangga)
- Mainan Anak
- Alas Kaki

Dari aplikasi tersebut jumlah pemakaian PVC dari tahun 2001 sampai tahun 2004 sekitar rata-rata 15,41% dari total konsumsi PVC. Bisa dijelaskan bahwa aplikasi penggunaan langsung PVC jumlahnya lebih sedikit daripada penggunaan tak langsungnya. Hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan langsung ini adalah aplikasi pada mainan anak. Zat-zat aditif yang berbahaya dapat masuk ke dalam tubuh anak-anak melalui oral karena perilaku anak-anak yang biasanya memasukan sesuatu benda yang dipegangnya ke dalam mulut si anak. Untuk yang kedua adalah penggunaan botol yang dipakai langsung. Biasanya pada suhu yang panas sekitar 80°C, zat-zat aditif dalam plastik, khususnya PVC akan terlepas karena mereka tidak terikat secara molekular. Kasus penolakan mainan produksi dari China di pasar timur tengah dikarenakan pemakaian zat-zat yang berbahaya di dalam mainan tersebut.

b. Penggunaan tidak langsung

Penggunaan tidak langsung adalah barang-barang produk PVC yang dipakai dalam kehidupan manusia tetapi tidak berinteraksi langsung dengan produk tersebut. Kategori untuk produk ini adalah:

- Pipa
- Kabel
- Kulit Imitasi
- PVC Sheet
- *Roofing* (atap)

Pemakaian produk-produk ini diperkirakan tidak berinteraksi secara langsung kepada manusia. Pemakaian pipa PVC untuk air atau zat yang dialirkan melalui pipa ini dapat tercemar zat-zat aditif yang berbahaya. Namun informasi penelitian oleh Balai Kesehatan Jakarta di daerah garut tentang bahaya pencemaran air oleh zat aditif pada pipa PVC hasilnya negatif. Untuk penggunaan kabel yang berada di ruangan, hal yang perlu dicermati adalah pada saat terjadi kebakaran yang menyebabkan terlepasnya senyawa dioksin yang dapat terhirup oleh manusia.

Untuk pemakaian lain-lain tidak dimasukkan ke dalam penggunaan langsung maupun penggunaan tidak langsung, karena diasumsikan penggunaan produk PVC ini sangat luas sehingga tidak diperoleh data yang akurat. Seperti dijelaskan di atas penggunaan lain-lain ini diasumsikan bisa terdapat pada komponen elektronik maupun pada komponen automotif.

Dibandingkan dengan penggunaan PVC di Eropa terlihat ada persamaan. Di Eropa pemakaian tertinggi pada aplikasi bangunan. Peneliti mengasumsikan bahwa pembuatan pipa termasuk dalam kategori untuk bangunan atau dipakai di gedung. Hal ini sesuai dengan *European Commision* 2004 yang menyatakan bahwa aplikasi terbesar dari plastik PVC adalah pada gedung dan bangunan. Terlihat bahwa jenis PVC yang *Rigid* masih banyak dipakai di Indonesia. PVC *rigid* (kaku) ini memang dipakai pada aplikasi pembuatan pipa. Kabel merupakan penggunaan terbesar kedua setelah pipa.

Dari dua kategori, yaitu pemakaian yang paling banyak dan atau bersentuhan langsung terhadap manusia, maka kajian kelayakan penggunaan produk pvc ini hanya difokuskan pada pemakaian pipa, kabel, dan mainan anak. Dari beberapa pendapat responden diketahui bahwa produk plastik PVC dapat menimbulkan

dampak terhadap manusia dan lingkungan namun bisa juga tidak. Hal ini terkait dengan penelitian yang lebih mendalam tentang produk PVC seperti pendapat Tickner yang menyatakan hal tersebut masih dalam tahap perdebatan apakah produk tersebut berbahaya atau tidak terhadap manusia dan lingkungan. Bahaya yang muncul dari produk PVC ini adalah jika dipakai pada suhu dan juga kandungan lemak yang tinggi maka zat aditifnya dapat bermigrasi dan terlepas ke luar produk. Namun yang pasti apabila produk PVC dibakar hal itu akan menyebabkan terbentuknya gas dioksin yang berbahaya bagi lingkungan. Sehingga dalam pembuangan limbah produk plastik perlu dilakukan penelitian apakah hasil pembakaran sampah tersebut mengandung PVC atau tidak.

#### 4.3.1. Pipa PVC

Di Indonesia penggunaan Pipa PVC hampir separuh dari total penggunaan PVC. Untuk sektor pipa yang paling umum digunakan terbagi pada air bersih, saluran pembuangan air, drainase, dan pertanian dan irigasi. Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi dalam pemakaian pipa PVC ditunjukkan pada Tabel 26.

Tabel 26 Aplikasi dan Persyaratan Pipa PVC

No.	Aplikasi	Persyaratan
1.	Air Bersih	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidak mengandung zat berbahaya seperti logam berat antara lain Pb, Cd, Hg</li> <li>• Memiliki kelenturan yang tinggi</li> <li>• Tahan terhadap perubahan suhu</li> </ul>
2.	Saluran Pembuangan Air	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tahan terhadap perubahan suhu yang ekstrim</li> <li>• Tahan terhadap tekanan tinggi</li> <li>• Tahan terhadap bahan kimia (<i>chemical resistance</i>)</li> </ul>
3.	Drainase	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mudah untuk dipasang (<i>instal</i>)</li> <li>• Tahan terhadap tekanan tinggi</li> <li>• Tahan terhadap bahan kimia</li> </ul>
4.	Pertanian dan Irigasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tahan terhadap bahan kimia</li> <li>• Tahan terhadap suhu tinggi</li> <li>• Tahan terhadap perubahan cuaca</li> </ul>

Sumber: Samuel Frank, Gebrit, Canadian Pipe

Dari Tabel 26 terlihat bahwa PVC hampir semuanya dipakai dalam berbagai aplikasi pipa. PVC termasuk salah satu jenis plastik yang menguasai pangsa pasar pipa. PVC termasuk bahan yang ringan, kuat dan tahan lama penggunaannya. Selain itu tahan terhadap korosi, murah dan mudah untuk dipakai, walaupun dapat membesar dan mengkerut jika terkena panas atau suhu yang dingin. Dari sisi ekonomi, pipa PVC masih banyak dipakai karena mempunyai beberapa keuntungan antara lain:

- a. Berat jenisnya yang ringan hanya 1/5 dari pipa besi dan 1/3 dari pipa asbes semen (namun dibandingkan dengan pipa plastik lainnya seperti PE, PP dan ABS, PVC mempunyai densitas paling besar yaitu  $1,38 \text{ g/cm}^3$ )
- b. Tahan asam/alkali dan tahan karat
- c. Non konduktor
- d. Mudah dalam handling dan pemasangan
- e. Biaya instalasi lebih murah (contoh harga yang di dapat untuk pipa PVC adalah \$0.80/ft sudah termasuk *fittings* dan perekat. Sedangkan untuk HDPE harganya \$1.22/ft).

Dilihat dari faktor di atas terlihat bahwa pipa PVC mempunyai berapa keunggulan sehingga PVC banyak dipakai. Dari data harga di atas terlihat bahwa pipa PVC dibandingkan dengan produk sejenis, pipa PVC termasuk cukup murah. Namun dari soal harga ini belum menentukan kelayakan pakai suatu pipa

Hal yang harus diperhatikan dalam pemakaian pipa PVC pada air minum adalah zat aditifnya tidak terikut dalam aliran air, yang nantinya akan mencemarkan air yang akan dikonsumsi. Dari teknis penggunaan pipa PVC menjadi terlalu kaku (*brittle*) jika suhu terlalu dingin. Biasanya pipa PVC ideal digunakan pada jangkauan temperatur 0-45°C. Untuk dibawah atau di atas suhu tersebut tidak direkomendasikan untuk digunakan. Dari literatur *Is My PVC Pipe Dangerous* (Samuel Frank: 2003) pipa PVC yang dibuat dibawah akhir tahun 1977, senyawa vinyl chloridanya dapat terlepas dan ikut terbawa dalam air. Namun industri penghasil pipa PVC sekarang mengatakan bahwa mereka telah menghilangkan bahaya tersebut

Dari aspek lingkungan, isu yang terkait dari pipa PVC adalah *chlorine* dan masalah daur ulang (*recycle*) pada saat tidak terpakai lagi. *Chlorine* diketahui sebagai bahan yang karsinogenik. Produksi PVC menyerap paling banyak penggunaan *chlorine*. Biasanya senyawa *chlorine* terbentuk karena dekomposisi thermal dari PVC. Dengan terkait isu lingkungan ini maka pihak industri akan kesulitan untuk menjaga pangsa pasar pipa dari PVC. Permintaan pengganti alternatif PVC untuk masa mendatang kemungkinan akan mengganti pasar dari pipa PVC saat ini.

Dari informasi responden yang didapat bahwa pipa PVC tidak menimbulkan dampak bagi manusia dan lingkungan. Namun peneliti menganalisis dari aspek lingkungan pada penggunaan pipa PVC adalah bahwa secara lingkungan, PVC bukan pilihan untuk pemakaian pipa. Memang secara umum pipa PVC tidak berbahaya bagi manusia dan lingkungan menurut para responden, sehingga pemakaiannya di Indonesia masih layak untuk masa mendatang. Namun peneliti menganalisis walaupun pipa PVC terlihat tidak berbahaya bagi manusia dan lingkungan tetapi tidak menganjurkan dapat dipakai untuk aplikasi pipa.

#### 4.3.2. Kabel

Untuk kabel yang dipakai dibagi dalam dua jenis yaitu aplikasi dalam ruangan (*indoor*) dan luar ruangan (*outdoor*). Hal yang paling penting dari aplikasi kabel dalam ruangan adalah sifat kandungan asapnya yang kecil. Tabel 27 menunjukkan aplikasi kabel dan persyaratannya.

Tabel 27 Aplikasi Kabel dan Persyaratannya

No.	Aplikasi	Persyaratan
1.	Dalam ruangan ( <i>indoor</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tahan terhadap suhu (<i>heat resistant</i>)</li> <li>• Kandungan asap kecil (<i>Low smoke</i>)</li> <li>• Tidak mudah terbakar (<i>flame retardant</i>)</li> </ul>
2.	Luar ruangan ( <i>outdoor</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tahan terhadap cuaca (<i>weatherability</i>)</li> <li>• Tahan terhadap suhu (<i>heat resistant</i>)</li> <li>• Tahan bahan kimia (<i>chemicals resistance</i>) dan minyak (<i>oil</i>)</li> </ul>

Sumber: *Healty Building*, 2003

Dari Tabel 27 terlihat perbedaan persyaratan kabel di dalam dan luar ruangan. Persyaratan *low smoke* dalam ruangan ini penting karena apabila terjadi kebakaran, maka asap yang dikeluarkan dari kabel sedikit jumlahnya. Pada beberapa kasus kejadian kebakaran di gedung, banyak jatuh korban karena menghirup asap dari kabel yang terbakar.

Penggunaan kabel PVC termasuk besar dibandingkan dengan plastik lainnya. Pangsa pasar kabel dari PVC hampir tidak dapat tersaingi oleh jenis lainnya. Biasanya aplikasi pada kabel ini dipakai pada kabel-kabel jauh di bawah tanah, sehingga dampak langsung terhadap manusia hampir dikatakan tidak ada. Namun untuk aplikasi pada alat-alat elektronik seperti misalnya TV, komputer, telpon dan alat lainnya harus diperhatikan faktor penggunaannya. Salah satu yang terpenting adalah interaksinya dengan manusia khususnya anak kecil harus diminimalkan. Bagaimanapun juga kabel-kabel ini mengandung zat aditif yang berbahaya. Karena kandungan klorinya yang tinggi hingga 57% maka PVC termasuk ke dalam plastik dengan tingkat nyala apinya lebih rendah (*less flammability*). Namun bagaimanapun juga ke dalam aplikasi yang fleksibel dari produk PVC termasuk kabel agar dapat dipakai perlu ditambahkan sejumlah *plasticizer* dalam jumlah yang tinggi. Penambahan aditif ini ternyata meningkatkan tingkat nyala api dari kabel PVC tersebut. Penambahan zat penghambat nyala api (*flame retardant*) ini akhirnya ditambahkan ke dalam kabel ini. Hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan kabel PVC ini adalah apabila sampai terbakar maka akan mengeluarkan gas yang bersifat racun. Pada kebakaran gedung yang paling dikhawatirkan adalah jika sampai gas ini terhirup oleh manusia akan berakibat fatal.

Harga kabel PVC memang termasuk murah dibandingkan produk sejenis. Peluang penggunaannya di masa mendatang juga masih cukup luas. Namun kabel dari plastik PE dan PP berpotensi menggantikan kabel dari PVC. Termasuk dengan produk PVC lainnya bahwa kabel PVC sangat sulit untuk didaur ulang. Dari kategori zat aditif yang dipakai pada kabel PVC ini mempunyai sifat yang lebih berbahaya dibandingkan yang lain. Hal ini berkaitan penggunaan zat aditif pada kabel PVC termasuk luas. Dari beberapa pendapat responden ada yang menyatakan bahwa dampak yang ditimbulkan kabel PVC terhadap manusia dan

lingkungan hampir tidak ada. Namun ada juga beberapa pendapat bahwa kabel PVC juga dapat berbahaya. Penurut peneliti kabel PVC juga termasuk memberikan dampak terhadap manusia dan lingkungan, sehingga harus dicari alternatif pengganti dengan material yang tidak mengandung PVC. Alternatif ini bisa digantikan dengan plastik PE atau PP.

#### 4.3.3. Mainan Anak

Salah satu persyaratan penggunaan plastik PVC pada mainan anak adalah kandungan zat aditifnya. Salah satu contoh persyaratan besarnya kandungan Pb di negara India adalah 90 ppm. Namun besaran ini setelah dilakukan sampling mainan ternyata rata-rata kandungan Pb nya melebihi dari rata-rata 100 hingga 120 ppm. Bahaya yang ditimbulkan PVC terhadap kesehatan anak terkait penggunaan zat aditifnya seperti terpajan oleh *phthalate*, memang belum dapat dibuktikan secara benar. Namun hal ini dapat dikaji bahwa penggunaan PVC pada mainan anak sangat beresiko tinggi terhadap kesehatan anak. Dalam hal ini peneliti berpendapat bahwa perlu adanya pelarangan penggunaan PVC dalam mainan anak. Peneliti dalam hal ini setuju dengan teori *Joel Tickner*, 1999 bahwa kandungan zat aditif dalam PVC yang dipakai untuk mainan anak adalah berbahaya jika sampai zat tersebut dapat berpindah secara oral. Pencegahan resiko ini perlu dilakukan karena pertumbuhan anak yang optimal terjadi pada usia antara 0 sampai 3 tahun.

Alternatif pengganti PVC pada mainan anak harus segera digantikan. Resiko masuknya zat aditif secara oral pada anak harus diminimalkan. Perdebatan pada dosis berapa bahwa *phthalate* yang masuk kepada anak masih berada pada dosis yang aman adalah keliru. Karena hal ini sampai sekarang belum diketahui secara pasti. Jadi tidak lagi memperdebatkan bahaya pajanan *phthalate* terhadap anak tetapi apakah ada alternatif plastik pengganti PVC dan bagaimana hal ini dapat diterapkan. Dr *Catherine Simoneau* dari Pusat Penelitian Eropa (*European Research Centre*) melakukan penelitian tentang bahaya mainan dari PVC. Simulasi ini mengukur kandungan zat aditif pada mainan PVC yang diserap pada suatu mesin yang mirip dengan anak yang sedang menghisap atau menggigit mainan tersebut. Dari penelitian tersebut peneliti sependapat bahwa anak-anak



mempunyai tubuh yang lebih kecil dibandingkan dengan orang dewasa sehingga lebih rentan. Berapa pun konsentrasi yang masuk ke dalam tubuhnya akan mempunyai efek yang besar dan tubuh mereka belum dikatakan siap untuk merespon dan memproses sesuatu yang asing memasuki tubuhnya.

Pelarangan penggunaan PVC pada mainan anak sudah diimplementasikan di beberapa negara seperti Austria, Denmark, Swedia, Norwegia, Mesir dan Mexico. Untuk negara Asia baru negara Jepang, India dan Pilipina yang sudah melarang penggunaan mainan anak-anak yang berasal dari plastik PVC. Peneliti berpendapat bahwa pelarangan mainan anak yang menggunakan bahan plastik PVC harus dilarang dan tidak layak dipakai untuk konsumsi anak-anak. Di Amerika Serikat pada Bulan Februari 2000 bertempat di *International Toy Fair* di New York City mengeluarkan daftar industri mainan untuk anak dengan memberikan *grade* dari A hingga F. Grade A adalah mainan yang tidak menggunakan plastik PVC. Sedangkan grade F menunjukkan tidak ada kebijakan industri mainan dalam hal penggantian plastik PVC untuk mainan. Banyak perusahaan yang mendapatkan *grade* A. Kebijakan ini akan memberikan rasa aman bagi keluarga yang akan membeli mainan.

Namun untuk pelarangan penggunaan mainan anak dari plastik PVC di Indonesia belum diterapkan. Hal ini dikarenakan isu bahaya mainan anak terbuat dari PVC belum pernah ada di Indonesia. Hal ini dilihat juga dari konsumsi PVC untuk mainan yang jumlahnya memang sedikit. Namun dari wawancara yang dilakukan di BPPT Puspitek Tangerang, pelarangan penggunaan mainan anak dari PVC akan segera diberlakukan. Menurut BPPT Puspitek sosialisasi bahaya mainan anak dari PVC akan mulai diterapkan pada bulan Agustus 2008. Pada pertengahan tahun 2007, pasar mainan di Timur Tengah menolak mainan anak dari China, dikarenakan mengandung bahan berbahaya. Peneliti mengasumsikan mainan yang ditolak tersebut terbuat dari PVC.

Dari data yang diperoleh bahwa untuk ke depan Indonesia tidak akan mengadopsi dalam waktu dekat seperti negara-negara Eropa yang akan melarang penggunaan plastik PVC pada tahun 2020. Dalam hal ini perlu pengkajian mendalam dampak sosial, ekonomi dan juga masalah lingkungan. Hal

ini karena PVC masih merupakan produk andalan ekspor Indonesia. Selain itu penggunaan PVC ini di Indonesia masih dalam jumlah yang tidak terlalu besar yaitu sekitar 400 ribu ton pertahunnya. Namun demikian hal tersebut akan dijadikan pemikiran dan perhatian dalam rangka penerapan Konvensi Stockholm.

Pengaturan penggunaan produk PVC ini perlu dilakukan dengan alasan antara lain bahwa guna meminimalkan dampak-dampak yang timbul dari produk PVC terhadap dampak kesehatan dan lingkungan. Dalam hal ini pengaturan penggunaan produk PVC akan diatur oleh Departemen Perindustrian. Sedangkan Kementerian Lingkungan Hidup akan mengatur masalah pengelolaan limbah plastik PVC tersebut.

Untuk produk spesifik dari PVC seperti misalnya pada mainan anak, hal tersebut sudah menjadi perhatian yang serius dari pihak BBPT dan BPPOM. Kedua badan tersebut telah bekerjasama dalam pelarangan mainan anak dari PVC. Mulai Agustus 2008, sosialisasi tentang bahaya mainan dari plastik PVC akan dimulai. Diharapkan pelarangan penggunaan PVC dalam mainan anak akan segera diwujudkan. Sosialisasi ini setidaknya akan meningkatkan kesadaran masyarakat akan bahaya PVC pada mainan anak.

#### **4.4. Alternatif Plastik Pengganti PVC**

Dari beberapa responden menyatakan bahwa ada beberapa alternatif plastik pengganti PVC yang mempunyai dampak yang lebih minimal dibandingkan dengan plastik PVC. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) telah mengkaji adanya beberapa alternatif plastik pengganti. Namun penelitian ini masih terus dilakukan mengingat bahwa pengkajian plastik merupakan kegiatan yang padat modal dan hasilnya masih sulit untuk dapat bersaing dengan plastik yang sudah ada. Plastik pengganti ini antara lain *Polyethylene* (PE), *Polypropylene* (PP), dan plastik berbahan dasar bio yaitu dari golongan organik. Berdasarkan kajian dari Balai Besar Produk Plastik dan Karet dinyatakan bahwa dampak yang ditimbulkan dari alternatif plastik pengganti ini hampir dikatakan sedikit. Namun pada produk untuk kemasan singkat (dibuang) plastik pengganti ini juga harus diteliti lagi akan bahayanya. Secara keseluruhan dampak plastik yang ditimbulkan terkait

dengan dapat atau tidaknya plastik tersebut didaur ulang. Jika proses daur ulang sangat sulit untuk dilakukan maka alternatif terakhir adalah proses pembakaran. Dari hasil SWOT yang telah dilakukan terlihat bahwa plastik polietilena (PE) mempunyai nilai yang paling besar dibandingkan dengan plastik jenis lainnya. Hal ini menandakan bahwa peluang penggunaan PE di masa mendatang akan semakin besar. Dibandingkan dengan PVC, PE dan termasuk PP mempunyai dampak lingkungan yang lebih kecil. Kedua plastik ini pun mudah untuk didaur ulang. Hal ini sesuai dengan literatur yang menyatakan bahwa plastik PE dan PP berada jauh dibawah PVC dalam hal bahaya dan dampak yang ditimbulkan terhadap manusia dan lingkungan. Penggunaan plastik ini pun di Indonesia juga sangat luas. Penggunaan PE ini ke depan akan lebih banyak lagi. Peneliti dalam hal ini setuju bahwa perlu dilakukan penggantian material plastik secara bertahap pada berbagai aplikasi produk dari plastik PVC kepada plastik PE atau PP.

PE dan PP merupakan struktur polimer yang sederhana dimana zat aditifnya seperti *plasticizer* sangat kecil sekali untuk ditambahkan. Walaupun plastik ini juga membutuhkan zat aditif lainnya seperti *stabilizer* untuk penangkal panas dan cahaya matahari, antioksidan dan pada beberapa aplikasi menggunakan bahan penghambat nyala api (*flame retardant*). Poliolefin mempunyai dampak bahaya yang lebih kecil dibandingkan dengan PVC. Secara *mechanical recycling* polyolefin sangat berpotensi untuk dapat didaur ulang dibandingkan dengan PVC. Baik polietilena maupun polipropilena termasuk luas penggunaannya dan juga secara harga termasuk murah. Keduanya dapat dirancang dan dibentuk untuk menggantikan hampir semua aplikasi penggunaan PVC. Polietilena dapat dibuat lebih keras atau lebih lunak tanpa penggunaan zat aditif seperti *plasticizer*. Sedangkan polipropilena sangat mudah untuk *dimoulding* dan bisa dipakai dalam jangkauan aplikasi yang luas untuk berbagai macam produk plastik.

Di dalam hal perbandingan penggunaan aditif dengan PVC, keduanya yaitu polietilena maupun polipropilena menggunakan lebih sedikit zat aditif yang berbahaya. Selain itu kelebihan yang lainnya adalah:

- a. Mengurangi bahaya potensial timbulnya *leacheate* di landfills.
- b. Mengurangi bahaya potensial pembentukan dioksin selama pembakaran
- c. Mengurangi masalah teknis dan biaya pada saat *recycle*

#### 4.4.1. Pipa

Ada beberapa alternatif pipa yang dapat menggantikan posisi dari penggunaan pipa PVC. Jarmie Harvie dalam *PVC-free pipe purchase* meneliti beberapa alternatif pengganti pipa PVC dan mendapatkan beberapa alternatif pengganti pipa dari PVC. Beberapa penelitian tentang alternatif pengganti pipa PVC sudah dilakukan di beberapa negara Eropa dan Amerika.

Beberapa pipa alternatif tersebut adalah polietilen (*High Density Polietilen-HDPE*), *Cross linked Polietilen (PEX)*, *Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS)*, besi (*cast iron*), tembaga (*copper*), beton (*concrete*). Namun bahan-bahan pengganti ini juga mempunyai beberapa kekurangan. Berikut karakteristik masing-masing bahan tersebut:

- a. HDPE termasuk material yang murah, ringan dan sangat fleksibel. HDPE ini mudah tersedia untuk segala aplikasi pipa. Plastik ini bukan berbahan dasar klorin dan membutuhkan sedikit zat aditif. Selain itu mempunyai nilai *recycle* yang bagus. Dibandingkan dengan PVC plastik ini mempunyai bahaya yang sedikit terhadap lingkungan. Kekurangan HDPE dibandingkan PVC adalah koefisien ekspansinya (*expantion coefesien*) tiga kali lebih besar dari PVC, sehingga pipa HDPE lebih sedikit penggunaannya dibandingkan dengan pipa PVC.
- b. PEX mempunyai sifat dan karakter yang mirip dengan HDPE, namun dengan adanya molekul *cross-linked*, maka akan memperkuat pada suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan HDPE.
- c. Untuk plastik ABS hampir sama dengan PVC, yaitu mempunyai masalah dengan lingkungan. Pembuatan ABS sangat membutuhkan energi yang besar dan produk pipa ABS lebih memuai dibandingkan dengan pipa PVC.
- d. Tembaga mempunyai sifat daur ulang yang bagus. Namun tembaga dapat ikut terlepas ke dalam air dan bisa membahayakan kehidupan air, jika dipakai untuk aplikasi pada pembuangan air.

- e. Untuk bahan terakhir yaitu besi, baja dan beton termasuk material yang tahan lama. Namun dari segi bobot lebih berat dibandingkan dari bahan plastik sehingga lebih mahal untuk dipasang. Pipa besi juga rentan terhadap korosi dan proses pembuatannya membutuhkan energi paling besar dibandingkan dengan plastik. Namun semua bahan tersebut, kecuali ABS, dipertimbangkan secara segi lingkungan lebih ramah dibandingkan dengan pipa PVC.

Dengan demikian salah satu alternatif pengganti pipa PVC adalah HDPE. Dibandingkan dengan PVC, plastik HDPE ini termasuk lebih rendah bahayanya. HDPE lebih sedikit mengeluarkan polutan yang berbahaya selama siklus hidup materialnya, mulai dari pembuatan, penggunaan dan pembuangan. Dari masalah harga pipa HDPE sama dengan PVC yaitu murah. Karakteristik yang lain adalah ringan dan fleksibel. Dari hasil penelitian di Seattle tentang penggantian pipa tersebut juga menyatakan bahwa HDPE lebih mudah didaur ulang dibandingkan dengan pipa PVC. Dengan demikian material tersebut aman bagi manusia dan mudah didaur ulang sebagai wujud kebijakan material yang berkelanjutan (*sustainable material culture*). Dilihat dari aspek teknis pipa HDPE cenderung lebih susah untuk mengalami keretakan dan lebih mudah untuk dipasang. Bahkan pada proses penyambungannya tidak dipakai lem pelarut di setiap sambungannya. Namun ada salah satu kelemahannya bahwa dibandingkan dengan pipa PVC, yaitu koefisien ekspansinya yang 3 kali lebih besar. Dengan demikian memberikan keuntungan kepada setiap pemakai pipa yaitu pada saat pilihannya pada produk yang lebih ramah lingkungan.

Peneliti ingin menekankan bahwa mulai dari proses pembuatan hingga pembuangan PVC memiliki biaya lingkungan yang tinggi. Terkait hal ini pada tahun 2005 di kota Seattle Amerika Serikat, pihak pengelola kota berencana mengganti pipa PVC sepanjang 34.000 kaki dengan *High Density Polyethylene* (HDPE). Pemilihan bahan pengganti PVC ini terkait dengan kebijakan pembelian kota untuk menghilangkan atau mengeliminasi pembelian suatu produk yang berpotensi menghasilkan zat racun yang persisten dan bioakumulatif. Terkait hal ini PVC termasuk kategori tersebut sehingga pembelian setiap produk dengan

menggunakan material PVC akan digantikan dengan material yang lebih ramah lingkungan. Penggantian pipa dari PVC ke material lain dapat dilakukan secara bertahap dengan melakukan penelitian yang mendalam akan faktor-faktor kemampuan material tersebut untuk dapat dipakai dan isu lingkungan terkait dari material yang dipakai. Dari beberapa data sekunder diperoleh perbandingan karakteristik masing-masing pipa baik PVC, PE, PP dan ABS seperti terlihat pada Tabel 28

Tabel 28 Perbandingan Pipa Masing-Masing Plastik

Sifat \ Plastik	Satuan	PVC	PE	PP	ABS
<b>Technical Properties</b>					
<b>Kimia</b>					
Ketahanan Kimia**		Sedang	Tinggi	Tinggi	Sedang
Anti Korosif		Tahan	Tinggi	Tinggi	Tahan
<b>Fisika</b>					
Berat*	kg/m	3,4	4,2	-	-
Ketebalan	mm	7.1	11.4	-	-
Densitas	g/cm <sup>3</sup>	1.38	0.95	0.91	1,04
Koef Thermal Expansion	10 <sup>-6</sup> /°C	50	149	68	101
Kekuatan Tensile	MPa	48.3	23.4	33.8	37.9
Kekuatan Tekan	MPa	62.2	-	58.6	53.1
Masa Pakai**	Tahun	20-50	10	-	-
Ketahanan Cuaca	-	bagus	Tak bagus	-	-
Rekomendasi Suhu	°C	-45 - 45	1 - 45	-	-
Pemakaian air minum	-	Tidak Bagus > 45°C	Bagus > 45°C	Bagus > 45°C	-
<b>Environment</b>					
Kesehatan Manusia		-	-	-	-
Dampak lingkungan					
Daur ulang***		Sulit	mudah	mudah	Sulit
Pembakaran		Sumber Dioksin	Kecil	Kecil	Kecil
Zat Berbahaya		Pelarut Beracun	Perekat	Perekat	-

Referensi

Canadian Building Digest\*

Dura line\*\*

Washington State Eng\*\*\*

Sumber: Diolah dari berbagai sumber

Dari Tabel 28 di atas karakteristik dan nilai dari PE paling unggul dibandingkan dengan plastik lainnya. Untuk sifat kimia, fisika dan isu lingkungan yang terkait dapat dibandingkan bahwa alternatif pengganti pipa PVC dari plastik PE. Untuk plastik ABS dari isu lingkungan hampir sama dengan PVC yaitu sebagai pipa dengan bahan plastik yang berbahaya.

#### 4.4.2. Kabel

Alternatif kabel pengganti dari plastik PVC ini sudah banyak bisa didapatkan. Bahkan beberapa alternatif pengganti ini mempunyai sifat dan karakteristik yang lebih baik dalam hal tingkat kebakaran kabel dibandingkan pipa PVC. Produk ini memproduksi lebih sedikit asap, tidak melepaskan gas HCL atau dioksin dan mempunyai ketahanan api yang baik. Penggunaan kabel yang bebas dari bahan PVC di beberapa Negara Eropa dan Amerika terus berkembang. Di Negara ini sistem kereta api bawah tanah menggunakan kabel yang bebas PVC. Salah satu alternatif pengganti kabel PVC yang terus dikembangkan adalah kabel dari jenis PE. Harga yang ditawarkan memang masih berada di atas harga kabel PVC. Hal ini terkait bahwa semua harga kabel yang bebas PVC memang masih mahal untuk kondisi sekarang. Namun harga tersebut makin lama makin turun seiring dengan banyaknya permintaan pemakaian barang tersebut sebagai alternatif bahan yang lebih ramah lingkungan. Tabel 29 menunjukkan perbandingan ketahanan insulasi kabel dari PVC dan PE dari bahan kimia dan minyak.

Tabel 29 Perbandingan Terhadap Bahan Kimia dan Minyak

Medium	PE (at °C)		PVC (at °C)	
	20	50	20	50
Amonia	r	cr	cr	cr
HCl	r	r	R	r
Asam Nitrat	r	r	cr	cr
NaOH	r	r	r	r
Asam asetat	r	nr	r	cr
Asam formiat	r	nr	cr	nr
Etanol	cr	nr	nr	nr
Benzen	cr	cr	nr	nr
Oil	nr	nr	nr	nr

Sumber: Kerpen, 2001

r: resistant

cr: Conditionaly resistan

nr: Not resistant

Dari Tabel 29 terlihat insulasi kabel polietilena mempunyai ketahan yang baik dibandingkan PVC. Namun untuk ketahanan terhadap oil, masing-masing menunjukkan hasil yang tidak bagus. Dari sifat ini dapat dilihat peluang yang baik

penggunaan insulasi kabel PE menggantikan PVC, walaupun secara ekonomi insulasi kabel PE membutuhkan biaya yang lebih besar dibandingkan dengan insulasi kabel PVC.

#### 4.4.3. Mainan Anak

Penggunaan mainan anak dari plastik PVC memang tidak terlalu besar jumlahnya. Namun mainan dari PVC ini terkenal akan dampak bahaya terhadap anak-anak. Penggunaan zat aditif yang berbahaya pada mainan anak dari PVC sangat luas sehingga beresiko membahayakan manusia. Mainan anak dari PVC penggunaannya harus diganti dengan material yang lebih ramah lingkungan dan meminimalkan dampak terhadap manusia penggunaannya. Dari beberapa pendapat responden perlu pengaturan khusus tentang penggunaan bahan yang berbahaya yang dipakai pada mainan anak. Salah satunya penggantian material PVC dalam mainan anak. Beberapa pendapat responden menyatakan bahwa plastik PE dan PP relatif lebih aman dibandingkan dengan plastik PVC. Namun dari literatur, *substitutes PVC in soft toys*, Joel Tickner tahun 1999, disebutkan tiga jenis plastik yang berpotensi untuk menggantikan PVC dalam mainan anak yaitu:

- a. *Elastomers Thermoplastics* (TPEs)
- b. *Etyhlene Vinyl Acetate* (EVA)
- c. *Polyolefin* (polietilena/polipropilena)

Material pengganti ini memenuhi kriteria persyaratan keselamatan, mudah dalam proses pembuatannya, penampilan yang estetik, dampak kesehatan dan lingkungan yang lebih rendah dan harga yang mampu bersaing. Tambahan lagi bahwa plastik alternatif ini tidak ada yang memerlukan *plasticizer* jenis *phthalate* agar menjadi lunak dan bentuknya elastis. Semua plastik ini membutuhkan aditif yang jauh lebih kecil dibandingkan plastik jenis PVC. Disamping mempertimbangkan bahaya kesehatan dari mainan plastik selama masa penggunaan, si produsen juga harus mempertimbangkan dampak dari material yang dipilih melalui siklus hidup produknya. Hal yang sangat penting yang harus diperhatikan adalah produsen harus bertanggungjawab terhadap dampak lingkungan dan kesehatan yang ditimbulkan karena proses produksi dan pembuangan material yang dipakai, dan secara terus menerus mencari alternatif



pengganti yang akan mengurangi dampak yang terjadi. Tabel 30 menunjukkan beberapa plastik alternatif pengganti dengan harga masing-masing plastik.

Tabel 30 Harga PVC dan material pengganti

Material	Harga per pon (dolar)
PVC	0,35-0,70 (bergantung grade)
Polietilena	0,40-0,55 (bergantung grade)
	0,55-0,60 produk metalocene
TPE	
Poliester	2,12-2,70
Olefin	0,85-1,41
Stirenik	0,85-1,87
EVA	0,50-0,80 (bergantung grade)
Polipropilena	0,30-0,50 (bergantung grade)

Sumber: Joel Tickner, 1999

Dari Tabel 30 di atas terlihat bahwa plastik TPE dan EVA dapat dipertimbangkan sebagai alternatif plastik pengganti PVC pada mainan anak. TPE merupakan elastomer termoplastik yang dapat dibuat dari beberapa campuran rantai monomer plastik yang berbeda.

#### 4.4.4. Biodegradabel dan plastik berbahan dasar bio

Plastik berbahan dasar minyak bumi pada dasarnya tidak bisa dipertimbangkan sebagai plastik yang ramah lingkungan. Plastik pengganti yang ramah lingkungan adalah bio-plastik. Plastik berbahan-bio dibuat dari *starch*, *cellulosa*, *lactic acid*, atau dari bakteri (bakteri ini diberi asupan makanan dan akan menghasilkan plastik sebagai limbahnya).

Selain beberapa alternatif pengganti plastik PVC di atas, ada alternatif plastik lain yang jauh lebih aman dari pada plastik berbahan dasar petrokimia. Plastik tersebut adalah plastik dengan bahan dasar bio. Plastik berbahan dasar bio berasal polimer *bio-based* dari sumber terbarukan. Plastik ini merupakan alternatif yang paling ramah lingkungan untuk produk-produk plastik dibandingkan di antara jenis plastik sintetik berbahan minyak bumi lainnya. Plastik berbahan dasar bio ini mempunyai siklus hidup yang singkat. Dua hal

penting yang menjadi kelebihan plastik ini adalah bahan bakunya terbaharukan (*renewable*) dan mudah terdegradasi ke lingkungan (*biodegradable*).

Plastik berbahan dasar bio dapat dibuat menjadi produk plastik yang dihasilkan dari bahan baku yang diproduksi dari lingkungan alam atau pada sistem pertumbuhan seperti misalnya *starch* dan selulosa. Keuntungan yang paling terasa adalah bahwa plastik jenis ini dapat dengan mudah terdegradasi dan dapat dibuat kompos. Polimer alami termasuk selulosa (kayu dan kapas), tanduk (protein keras) dan karet mentah. Proses perubahan polimer alami ini adalah *vulcanized rubber, vulcanized fibre, celluloid and casein protein*.

Sebenarnya poliolefin plastik dapat dibuat menjadi biodegradable dengan jalan membuat rantainya menjadi lemah pada rantai polimer sehingga memungkinkan bakteri dan mikroorganisme lainnya dapat memecahnya. Teknologi metallocene merupakan cara terbaru untuk memperluas karakteristik dan aplikasi dari plastik jenis poliolefins. Hal ini dapat membantu menggantikan aplikasi keras dan lunak dari produk PVC.

Namun plastik berbahan dasar bio ini juga mempunyai beberapa kekurangan. Beberapa kekurangan plastik berbahan-bio ini adalah:

1. Harga dan ukuran produk untuk skala ekonomi belum dapat tercapai
2. Sifat material yang hanya dapat digunakan untuk produk dengan jangka waktu yang singkat
3. Kekurangan infrastruktur untuk proses kompos pada fase pembuangannya.

Salah satu plastik yang dapat dijadikan alternatif pengganti yang biodegradable dan ramah lingkungan adalah plastik dari poliasamlaktat. Penelitian tentang poliasamlaktat ini terus berkembang hingga saat ini. Poliasamlaktat (*polylactid acid*) atau PLA ini adalah poliester alifatik yang dibuat dari asam laktat yang dapat diperoleh melalui fermentasi berbagai macam sumber karbohidrat yang terbarukan misalnya jagung dan kentang. Tidak seperti plastik sintesis dari bahan dasar minyak bumi, PLA dapat didegradasi secara alami tanpa menimbulkan masalah-masalah dari segi lingkungan.