

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 menunjukkan beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan upaya minimisasi limbah dan upaya produksi bersih kegiatan elektroplating:

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu Minimisasi Limbah Elektroplating

Peneliti	Intisari	NPO	Q	Alternatif Penerapan Produksi Bersih
		(Non Product Output)	(Debit)	
(Hastuti, 2012)	Kajian penerapan produksi bersih ini dilakukan pada UKM pelapisan perak atau emas di laboratorium Jewellery Balai Besar Kerajinan dan Batik Yogyakarta. Tujuan dari dilakukannya pengamatan adalah mengidentifikasi keuntungan yang diperoleh apabila dilakukan penerapan produksi bersih. Hasil dari diterapkannya produksi bersih adalah memperoleh penghematan dari segi biaya yang tidak sedikit.	<i>Non Product Output</i> yang dihasilkan berupa limbah cair.	Penelitian ini tidak melakukan pengukuran debit air limbah	Pendekatan produksi bersih yang dilakukan menggunakan metode 1E 4R (<i>Elimination, Rethink, Reuse, Reduction, and Recovery</i>). Setelah melakukan analisis, diperoleh penghematan dari segi biaya dimana hasil penghematan dapat digunakan untuk berproduksi ulang.

Peneliti	Intisari	NPO	Q	Alternatif Penerapan Produksi Bersih
		(Non Product Output)	(Debit)	
(Indriastuti, 2012)	Analisis pada kajian produksi bersih proses elektroplating emas ini dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi opsi produksi bersih yang bisa diterapkan. Penelitian dilakukan dengan analisis setiap tahapan proses elektroplating. Hasilnya banyak opsi-opsi produksi bersih yang mungkin bisa diterapkan dan memberikan keuntungan.	<i>Non Product Output</i> yang dihasilkan berupa limbah cair.	Penelitian ini tidak melakukan pengukuran debit air limbah	Pelaksanaan produksi bersih yang dilakukan berupa memperpanjang umur larutan elektrolit emas, minimisasi <i>drag out</i> , serta pengaturan proses dan peralatan. Hasil yang diperoleh berupa peningkatan efisiensi dan kualitas, serta pengurangan limbah dan memperbaiki lingkungan.
(Daylan, Ciliz, & Mammotov, 2013)	Penggunaan berbagai macam bahan kimia yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan menjadi dasar atas dilakukannya analisis. Tujuan analisis ini adalah peningkatan efisiensi penggunaan bahan baku dan air untuk mengurangi konsumsi air yang terbuang dan limbah yang berbahaya. Untuk menentukan opsi produksi bersih menggunakan neraca massa.	<i>Non Product Output</i> yang dihasilkan berupa limbah cair.	Penelitian ini melakukan pengukuran debit air limbah untuk neraca massa	Opsi produksi bersih yang ditawarkan adalah menggunakan sistem <i>closed loop cleaning</i> untuk mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya dan juga mengaplikasikan tanki pengeringan. Hasil yang diperoleh, terjadi pengurangan sebanyak 62% konsumsi air.

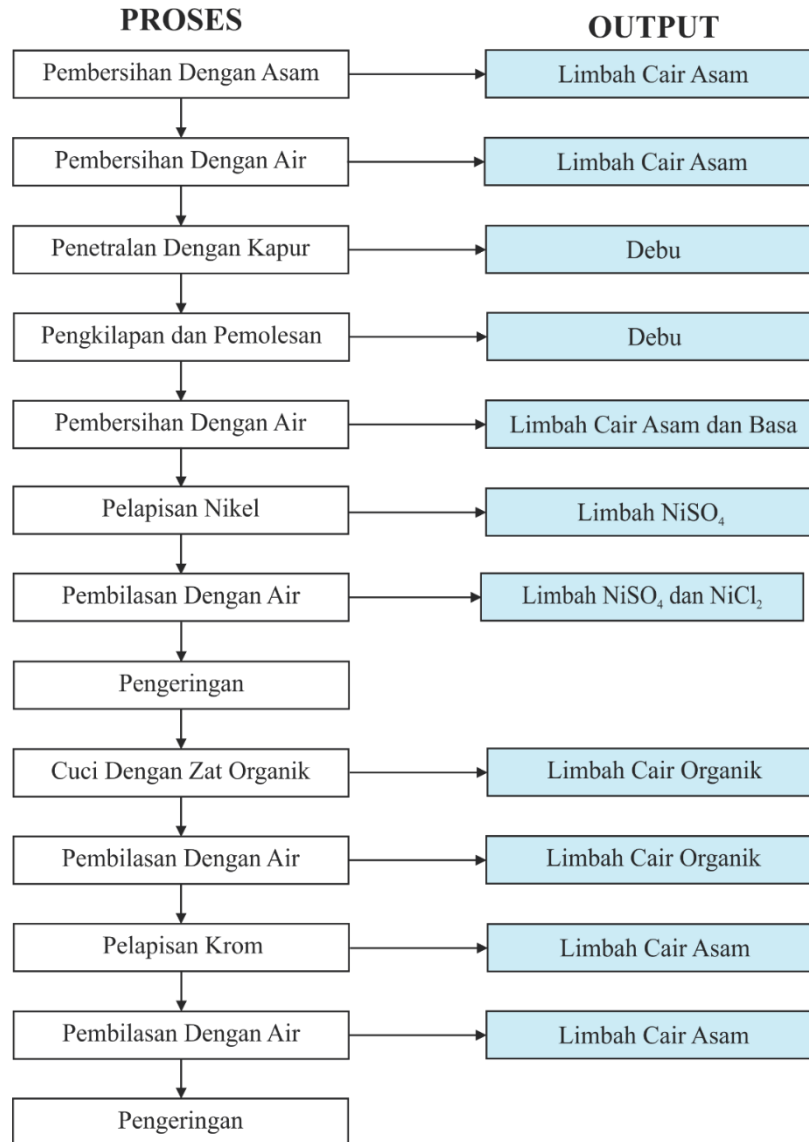
Peneliti	Intisari	NPO	Q	Alternatif Penerapan Produksi Bersih
		(Non Product Output)	(Debit)	
("Penerapan Produksi Bersih pada Proses Electroplating Perak," 2016)	Analisis dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi bahan, mengurangi limbah, meningkatkan kualitas produk, serta resiko terhadap kesehatan dan keselamatan manusia dan lingkungan. Pengamatan dilakukan pH limbah pencucian dan pembilasan meningkat dari 4 -5 menjadi 6 -7, penghematan bahan, peningkatan efisiensi larutan elektrolit, dan menurunkan produk rejeck.	<i>Non Product Output</i> yang dihasilkan berupa limbah cair.	Penelitian ini tidak melakukan pengukuran debit air limbah	Penerapan produksi bersih yang dilakukan meliputi mengganti bahan masukan yaitu menggunakan aquades, mengganti bahan kimia HCl atau H ₂ SO ₄ dengan lerak, minimisasi <i>drag out</i> yaitu menampung tetesan air pada bak penampung, dan pengaturan <i>layout</i> proses dan peralatan

Merujuk pada tabel 2.1 di atas, diperoleh kesimpulan bahwa sudah ada beberapa penelitian yang membahas mengenai peluang produksi bersih pada kegiatan electroplating, namun belum ada yang melakukan pengukuran debit maupun volume limbah cair serta analisa dengan menggunakan neraca massa, neraca air, dan neraca energi untuk mengetahui besaran *input* dan *output* yang dihasilkan.

2.2 Proses Kegiatan Electroplating

Proses electroplating atau pelapisan bertujuan untuk memperoleh lapisan pelindung pada permukaan logam yang tahan terhadap lingkungan. Bagan alir dari proses secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 2.1. Langkah-langkah proses tersebut mencakup tahapan pembersihan, pembilasan air, pemolesan, pembersihan

lemak (organik), pembilasan air, pelapisan krom, dan pengeringan. Gambar 2.1 menunjukkan diagram alir tahapan proses kerja elektroplating:



Gambar 2. 1 Diagram Alir Tahapan Elektroplating
Sumber: (Said, 2005)

2.3 Pencemaran Industri Elektroplating

Pada tahapan kerja elektroplating, pencemaran air dihasilkan dari proses pencucian yang biasa dilakukan lebih dari sekali. Selain itu, air yang digunakan untuk pembilasan juga mengandung larutan-larutan tertentu. Tabel 2.2 menjelaskan jenis zat-zat pencemar dari setiap tahapan proses elektroplating:

Tabel 2. 2 Jenis Zat Pencemar Tiap Tahapan Elektroplating

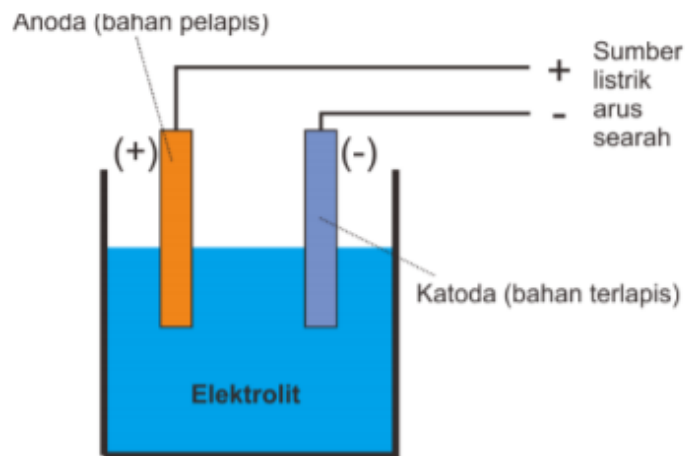
No	Tahapan	Zat Pencemar
1	Pembersihan dengan asam	H ₂ SO ₄ , HCl
2	Pembersihan dengan air	H ₂ SO ₄ , HCl
3	Penetralan dengan kapur	Debu
4	Pengkilapan dan pemolesan	Debu
5	Pembilasan dengan air	Ca(OH) ₂ , HCl
6	Pelapisan Nikel	NiSO ₄
7	Pembilasan dengan air	NiSO ₄ , NiCl ₂
8	Pengeringan	
9	Pencucian dengan zat organik	Organik
10	Pembilasan dengan air	Organik
11	Pelapisan krom	H ₂ CrO ₇ , H ₂ Cr ₂ O ₄ , H ₂ SO ₄
12	Pembilasan dengan air	H ₂ Cr ₂ O, H ₂ SO ₄
13	Pengeringan	

Sumber: (Said, 2005)

2.4 Elektroplating

Elektroplating adalah kegiatan melapisi logam dengan logam lain, biasanya diterapkan pada beberapa industri seperti industri pesawat, automotif, elektronik, alat berat, dan lain-lain. Proses elektroplating terdiri dari beberapa tahapan seperti pembersihan, pengeringan, dan pelapisan. Hasil yang diperoleh setelah pelapisan adalah tahan karat, tahan korosi, dan tampilan yang lebih menarik (Song, Bhadbhade, & Huang, 2016).

Prinsip dasar elektroplating yaitu mengendapkan zat (ion-ion logam) pada suatu logam dasar (katoda) melalui proses elektrolisis. Adanya proses pengendapan pada katoda karena adanya pemindahan ion-ion bermuatan listrik dari anoda dengan menggunakan larutan elektrolit sebagai perantara. Proses tersebut dilakukan secara terus menerus pada tegangan konstan sehingga menempel kuat membentuk lapisan permukaan pada benda logam (Said, 2005).

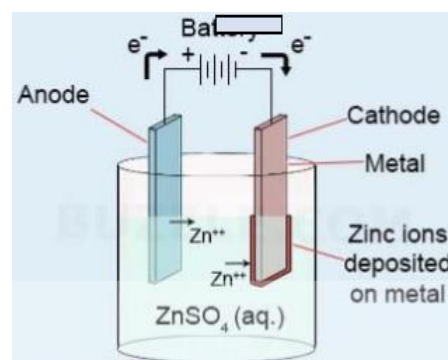


Gambar 2. 2 Mekanisme Proses Pelapisan
Sumber: (Hardiyanti, Santoso, & Kurniawan, 2017).

Berikut adalah beberapa macam proses pelapisan logam:

a. Pelapisan Zinc

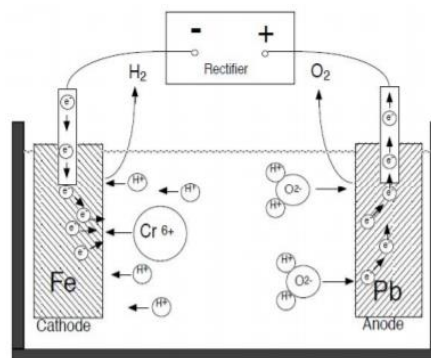
Proses pelapisan dengan zinc biasa digunakan karena kemampuannya dalam mencegah terjadinya korosi pada baja. Pelapisan zinc dilakukan untuk mendapatkan penampilan yang menarik dengan biaya yang relatif rendah. Pelapisan zinc dikenal mampu melapisi bagian-bagian kecil seperti mur, baut, paku, dan engsel. Selain itu juga mampu untuk melapisi bagian automotif, komponen interior, dan lain-lain. Tiga proses utama yang digunakan dalam pelapisan zinc adalah sianida, alkalin non sianida, dan larutan asam klorida lemah. Pemilihan dari larutan tersebut tergantung dari kemampuan pengolahan efluen dan material yang akan dilapisi.



Gambar 2. 3 Skema Proses Pelapisan Seng
Sumber: (Ridlwani, 2016)

b. Pelapisan Krom

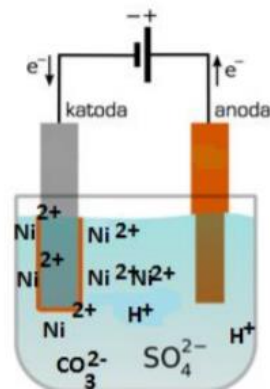
Pelapisan krom dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu sebagai dekoratif dan fungsional. Tipe dekoratif yaitu sebagai perlindungan untuk mencegah terjadinya korosi. Sedangkan untuk tipe fungsional biasa digunakan untuk aplikasi teknik karena memiliki daya gesek yang baik dan sifat tahan panas. Kedua fungsi pelapisan dapat menggunakan larutan krom heksavalen dan asam sulfur sebagai katalis. Larutan krom trivalen dapat digunakan untuk fungsi dekoratif, namun tidak untuk aplikasi teknik.



Gambar 2. 4 Skema Proses Pelapisan Krom
(Sakti & Rumendi, 2016)

c. Pelapisan Nikel

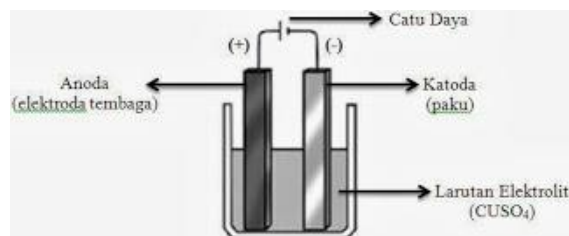
Pelapisan nikel biasa digunakan untuk fungsi dekoratif, aplikasi teknik, dan *electroforming*. Material dasar yang bisa digunakan saat akan melapisi dengan nikel adalah baja, tembaga, dan seng. Besi, aluminium, magnesium, dan plastik juga dapat dilakukan pelapisan nikel namun perlu perlakuan khusus sebelum dilapisi. Pelapisan nikel sebagai dekoratif mampu menghasilkan wujud yang lebih berkilau dan halus, sedangkan untuk aplikasi teknik mampu meningkatkan sifat tahan karat, kekerasan logam, *magnetic*, emisivitas, dan absorptivitas.



Gambar 2. 5 Skema Proses Elektroplating Nikel
Sumber: (Putri & Handani, 2008).

d. Pelapisan Tembaga

Pelapisan dengan tembaga digunakan untuk fungsi dekoratif dan aplikasi teknik dimana material dasar yang digunakan adalah besi dan baja, seng, aluminium, magnesium, tembaga, dan campuran nikel. Aplikasi pelapisan tembaga diantaranya adalah untuk manufaktur sirkuit, penyambung kabel, dekorasi automotif, dan lain-lain. Selain itu pelapisan tembaga juga bisa digunakan untuk pelapis dasar sebelum dilapisi dengan logam lain.



Gambar 2. 6 Skema Proses Elektroplating Tembaga

e. Pelapisan Perak

Pelapisan perak biasa digunakan sebagai dekorasi peralatan makan seperti piring, sendok, dan garpu. Pelapisan perak juga bisa digunakan untuk aplikasi teknik seperti pada peralatan elektronik, industri semikonduktor, dan bagian-bagian mesin. Beberapa logam seperti besi atau baja, tembaga, dan kuningan biasa menggunakan pelapis perak untuk fungsi dekoratif. Hampir seluruh pelapisan perak menggunakan larutan alkalin sianida. Beberapa penelitian sedang dilakukan untuk mengembangkan menggunakan larutan alkalin-non sianida seperti diantaranya menggunakan iodide, trimetafosfat,

dan tiosulfat namun masih menghasilkan banyak kekurangan seperti adhesi yang buruk.

f. Pelapisan Emas

Pelapisan emas banyak digunakan untuk dekoratif proses *finishing* dan pelapisan alat elektronik. Pelapisan emas lebih variatif dibandingkan pelapisan perak. Pelapisan emas menggunakan larutan asam sianida, sianida netral, alkalin sianida, dan non sianida. Pelapisan emas juga memakan biaya yang lebih mahal dibandingkan pelapisan logam lainnya. Material dasar yang biasa menggunakan pelapis emas adalah tembaga murni dan campuran tembaga. Ketika emas diaplikasikan pada tembaga, perlu adanya lapisan antara tembaga dan emas untuk mencegah adanya difusi tembaga pada emas.

g. Pelapisan Timah

Pelapisan timah banyak digunakan di berbagai industri. Pelapisan timah banyak digunakan untuk melapisi kontainer dan makanan kaleng, *soldering*, dan sebagai komponen campuran logam. Timah mampu digunakan untuk melapisi kontainer dan makanan kaleng karena sifat timah yang tahan karat, *nontoxicity*, dan tahan lama. Selain itu juga banyak digunakan untuk melapisi bagian elektronik, pompa, dan mesin (Pentti, 2014).

2.5 Dampak Lingkungan Akibat Kegiatan Elektroplating

Kegiatan penyepuhan logam menggunakan banyak bahan-bahan kimia hampir di setiap prosesnya. Hasil samping atau limbah yang dihasilkan dapat berupa limbah endapan, limbah cair, dan emisi gas. Apabila limbah tersebut tidak diikuti dengan pengolahan lebih lanjut akan mengakibatkan dampak yang membahayakan lingkungan. Tabel 2.3 menunjukkan dampak yang dihasilkan dari kegiatan elektroplating:

Tabel 2. 3 Dampak Akibat Kegiatan Elektroplating

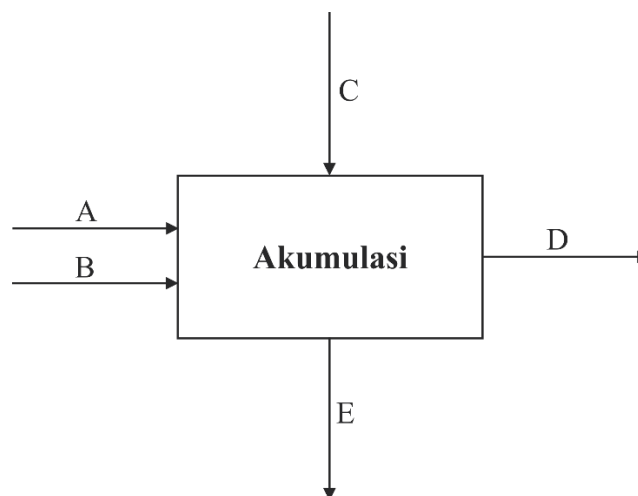
Jenis Limbah	Sumber Limbah	Sifat Limbah	Dampak Limbah
Endapan	Endapan Proses Penyepuhan	Berbahaya	Menurunkan kualitas air tanah dan lingkungan

Jenis Limbah	Sumber Limbah	Sifat Limbah	Dampak Limbah
Air Limbah	Pencucian, pembersihan, pembilasan, dan proses penyepuhan	Logam terlarut dan senyawa berbahaya dan beracun	Menurunkan kualitas air tanah dan lingkungan
Emisi gas	Penguapan larutan, uap asam	Berbahaya	Mengganggu kesehatan bila terhirup

2.6 Neraca Massa

Neraca massa adalah suatu konsep perhitungan dari bahan-bahan yang masuk (*input*), hasil yang keluar (*output*), dan juga yang terakumulasi dalam suatu waktu tertentu. Konsep neraca massa disesuaikan dengan hukum kekekalan massa yang menyatakan bahwa. “massa dari suatu sistem tertutup akan konstan dan tidak dapat dimusnahkan” (Wuryanti, 2016).

Gambar 2.7 menunjukkan diagram neraca massa:



Gambar 2. 7 Skema Diagram Neraca Massa

Persamaan neraca massa berdasarkan diagram adalah sebagai berikut:

Massa masuk = massa keluar + massa yang terakumulasi

$$M_A + M_B + M_C = M_D + M_E + M_{akumulasi}$$

apabila tidak ada massa yang terakumulasi, maka persamaan menjadi,

Massa masuk = massa keluar

$$M_A + M_B + M_C = M_D + M_E$$

(Wuryanti, 2016)

2.7 Neraca Air

Pada konsep siklus hidrologi atau perputaran air menyatakan bahwa jumlah air pada suatu luasan tertentu dipengaruhi oleh air yang menyerap atau masuk (*input*) dan air yang keluar (*output*) dalam jangka waktu tertentu. Pernyataan masukan dan keluaran air pada suatu tempat dan waktu biasa disebut sebagai neraca air atau *water balance*. Sifat air yang dinamis maka mempengaruhi nilai neraca air yang dapat berubah dari waktu ke waktu (Sosrodarsono & Takeda, 2003).

Beberapa definisi lain dari neraca air menyatakan bahwa neraca air adalah hubungan antara aliran ke dalam (*inflow*) dan aliran yang keluar (*outflow*) pada periode tertentu dari proses sirkulasi air. Tidak hanya *inflow* dan *outflow* namun juga perubahan simpanan air yang terdapat dalam suatu lahan untuk menetapkan jumlah air yang terkandung dalam tangan yang menggambarkan surplus atau defisitnya air dalam waktu ke waktu (Sosrodarsono & Takeda, 2003).

2.8 Neraca Energi

Neraca energi adalah persamaan matematis yang menggambarkan hubungan antara energi yang masuk dan energi yang keluar suatu sistem berdasarkan satuan waktu operasi. Energi dapat dipindahkan baik dalam bentuk panas (Q) ataupun dalam bentuk kerja (W). Energi mampu masuk dan/ atau keluar bersama bahan atau tanpa bahan.

Persamaan neraca energi adalah sebagai berikut:

$$\text{Energi Masuk} + \text{Energi Yang Timbul} = \text{Akumulasi Energi} + \text{Energi Keluar} + \text{Energi Yang Dipakai}$$

(Wuryanti, 2016)

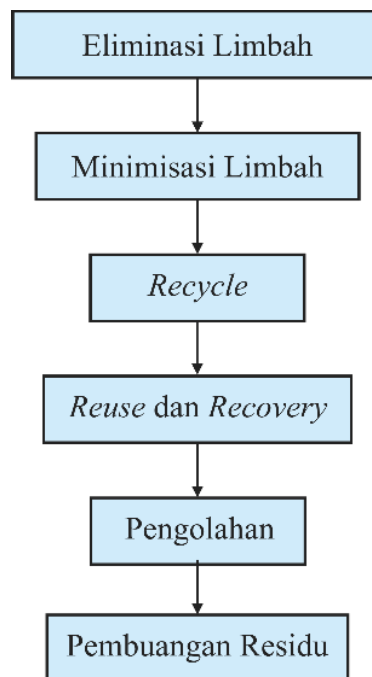
2.9 Minimisasi Limbah

Salah satu kandungan yang terdapat dalam industri elektroplating adalah bahan berbahaya dan beracun dimana kandungan dalam limbah tersebut mampu mencemari air permukaan dan air tanah. Tindakan yang sudah dilakukan untuk mengatasi limbah cair elektroplating mayoritas mengarah ke pengolahan limbah yang telah keluar dari proses (*end of pipe*). Proses pengolahan limbah setelah

limbah keluar dirasa kurang efektif ketika ada kemungkinan untuk mencegah timbulnya limbah.

Upaya yang berpotensi bisa dilakukan adalah dengan minimisasi limbah. Upaya minimisasi limbah mengacu pada strategi yang memiliki tujuan pemanfaatan secara optimal sumber daya dan energi, metode daur ulang, dan pengelolaan limbah. Prioritas utama minimisasi limbah adalah dari reduksi atau eliminasi dari sumber. Setelah dieliminasi kemudian dilakukan pemanfaatan dan pengolahan limbah.

Minimisasi limbah dapat dilakukan berdasarkan hierarki prioritas manajemen limbah seperti gambar 2.8 berikut :



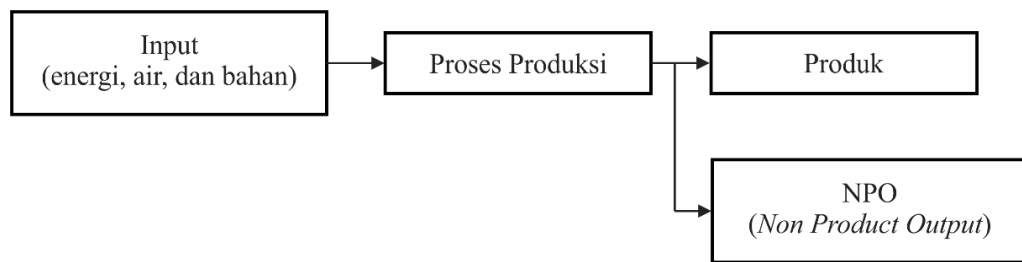
Gambar 2. 8 Hierarki Prioritas Manajemen Limbah
Sumber: (ISWA, 2000)

2.10Produksi Bersih

Semakin banyak jumlah industri elektroplating, semakin besar pula produksi hasil samping yang dikeluarkan. Hasil samping yang dikeluarkan dari kegiatan elektroplating berupa limbah yang mengandung unsur-unsur logam berat yang akan memberikan dampak ke lingkungan dan memerlukan pengolahan limbah

yang harus benar-benar efektif untuk menghilangkan kandungan logam berat sehingga sesuai dengan baku mutu. Persoalan yang timbul telah mendorong terjadinya pergeseran dari pengolahan limbah menuju ke upaya preventif atau mengurangi sekecil mungkin terbentuknya limbah. Pendekatan tersebut dikenal sebagai strategi produksi bersih (Hastuti, 2012).

Gambar 2.9 menunjukkan bagan manajemen produksi:



Gambar 2. 9 Bagan Manajemen Produksi

Tahapan input adalah bahan yang akan digunakan selama proses kegiatan elektroplating seperti logam yang akan dilapisi, air, larutan-larutan kimia yang mendukung proses pelapisan logam, dan energi. Tahapan yang keluar (*output*) adalah hasil akhir yang keluar sebagai akibat dari proses produksi yaitu berupa logam yang sudah dilapisi dan juga limbah cair. Sedangkan NPO (*Non Product Output*) merupakan keluaran yang masih bisa digunakan ulang, diminimisasi, atau dilakukan pengolahan. Peluang produksi bersih pada kegiatan elektroplating dapat diaplikasikan pada setiap proses yaitu dengan memperbaiki input, proses produksi, dan output limbah yang dihasilkan berdasarkan hierarki minimisasi limbah.