

**IMPLEMENTASI 3RH (*Reduce, Reuse, Recycle, dan Handle*)  
DALAM MANAJEMEN BAHAN DAN LIMBAH LABORATORIUM KIMIA  
DASAR FMIPA UNDIKSHA SEBAGAI UPAYA  
EFISIENSI DAN DEPOLUTANSI**

**IDewa Putu Subamia<sup>\*</sup>, I. G. A. N. Sri Wahyuni<sup>2</sup>, & Ni Nyoman Widiasih<sup>3</sup>**

*Universitas Pendidikan Ganesha<sup>1\*,2,3</sup>*

*e-mail: ajiram\_dewa@yahoo.com*

*Abstrak*

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan bahan kimia dan mengurangi potensi timbulnya polutan (depolutansi) yang dihasilkan dari aktivitas di Laboratorium Kimia Dasar FMIPA Undiksha menuju laboratorium yang efektif, efisien, serta berwawasan *green chemistry*. Metode penelitian yang dipakai adalah metode penelitian tindakan (*Action Research*) yaitu suatu proses yang dilalui oleh peneliti untuk menangani permasalahan (di Laboratorium Kimia Dasar). Metode yang akan dilakukan adalah implementasi 3RH (*Reduce, Reuse, Recycle, dan Handle*) dalam manajemen bahan dan penanganan limbah Laboratorium Kimia Dasar FMIPA Undiksha. Data yang dikumpulkan adalah berkaitan dengan inventori bahan kimia, identifikasi jumlah penggunaan bahan kimia pada prosedur yang sudah ada, serta jumlah kuantitas timbulan limbah laboratorium selama kurun waktu 1 (satu) semester, dan data hasil penerapan metode 3RH. Dengan memakai data skunder dan data primer yang diperoleh dilakukan analisis deskriptif komparatif implementasi 3RH dalam manajemen bahan kimia dan manajemen limbah laboratorium. Hasil penelitian ini adalah penerapan metode 3RH (*Reduce, Reuse, Recycle, dan Handle*) dapat menekan penggunaan bahan-bahan kimia untuk keperluan praktikum di laboratorium Kimia Dasar hingga 60-95% dan mengurangi timbulan polutan dari hasil aktivitas laboratorium kimia.

*Kata-kata Kunci: depolutansi, efisiensi, manajemen bahan, 3RH*

**Abstract**

This study aims to improve the efficiency of the use of chemicals and reduce the potential pollutants (depollutants) resulting from activities in the Chemistry Laboratory of Undiksha towards effective, efficient, and insightful green chemistry. The research method is a method of action research (*Action Research*) is a process through which the investigator to handle the problem (at the Laboratory of Chemistry). The method that will be done is the implementation 3RH (*Reduce, Reuse, Recycle, and Handle*) in materials management and waste handling FMIPA Undiksha Basic Chemistry Laboratory. The data collected is related to the inventory of chemicals, the identification number of the use of chemicals in existing procedures, as well as the quantity of laboratory waste generation during the period of 1 (one) semester, and data is the result of applying the method 3RH. By using secondary data and primary data do comparative descriptive analysis 3RH implementation in the management of chemicals and waste management laboratory. The result of this research is the application of methods 3RH (*Reduce, Reuse, Recycle, and Handle*) can reduce the use of chemicals for purposes of laboratory experiments Chemistry up to 60-95% and reducing the generation of pollutants from the chemical laboratory activity.

*Keywords: depolutansi, efficiency, materials management, 3RH*

## 1. Pendahuluan

Keberadaan laboratorium kimia di Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA Undiksha menjadi sangat penting. Jurusan pendidikan kimia FMIPA memiliki 3 unit gedung laboratorium, antara lain: Lab. Kimia Dasar dan Kimia Anorganik, Lab. Kimia Organik dan Biokimia, dan Lab. Kimia Analitik dan Kimia Fisika. Laboratorium merupakan tempat untuk melakukan kegiatan akademik berupa praktikum kimia, sebagai wadah bagi staf pengajar dan mahasiswa untuk mengadakan penelitian dan pelatihan, bahkan dapat diberdayakan untuk melakukan aktivitas yang berorientasi profit. Untuk memberi peran dan fungsinya secara optimal, laboratorium harus dikelola secara profesional melalui serangkaian kegiatan perancangan kegiatan laboratorium, pengoperasian peralatan dan penggunaan bahan, pemeliharaan/perawatan peralatan dan bahan, penanganan limbah laboratorium, pengevaluasian sistem kerja laboratorium, dan pengembangan kegiatan laboratorium. Di sisi lain, seperti layaknya tempat bekerja, laboratorium kimia harus dapat memberikan kenyamanan, kesehatan dan keamanan kepada semua orang yang bekerja di dalamnya, termasuk pengelola laboratorium itu sendiri serta lingkungan.

Laboratorium Kimia Dasar Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA Undiksha terus berupaya untuk memberi layanan prima, namun sering terkendala dalam hal ketersediaan bahan-bahan kimia. Keterbatasan bahan-bahan kimia yang tersedia menjadi penghambat keterlaksanaan aktivitas praktikum di laboratorium. Sementara sistem pengadaan bahan-bahan kimia belum bisa memenuhi tuntutan kebutuhan bahan-bahan tersebut. Demikian pula masalah kenyamanan, kesehatan dan keamanan kerja sebagai dampak dari bahan-bahan polutan yang dihasilkan dari aktivitas analisis di Laboratorium Kimia Dasar belum tertangani dengan baik.

Berdasarkan jenis dan jumlah bahan yang dipergunakan pada kegiatan praktikum kimia dasar, laboratorium Kimia Dasar sangat berpotensi menghasilkan polutan (perusak lingkungan). Karakteristik kegiatan di laboratorium Kimia Dasar, identik dengan aktivitas yang melibatkan penggunaan bahan kimia dan menghasilkan limbah yang sangat mungkin berbahaya. Di sisi lain, penggunaan bahan-bahan kimia dan bahan biologik tidak dapat dihindari dalam kegiatan praktikum kimia dasar. Oleh karena itu, aktivitas praktikum kimia dasar yang ramah lingkungan (*green chemistry*) sangat dibutuhkan. Aktivitas *green chemistry* diformulasikan sebagai usaha pemakaian bahan dasar (terutama yang dapat diperbaharui) secara efisien, penghilangan limbah dan penghindaran pemakaian reagen dan pelarut yang bersifat toksik dan atau berbahaya dalam industri dan aplikasi produk kimia (Pranjoto Utomo, M. 2010).

Penggunaan bahan-bahan kimia dalam skala besar pada praktikum kimia dasar, disamping sebuah pemborosan juga berpotensi menghasilkan limbah (polutan) yang berpotensi menjadi sumber permasalahan bagi pengguna laboratorium dan lingkungan.

Untuk meminimalisir dampak negatif dan mengoptimalkan fungsi laboratorium tersebut, sangat urgen diperlukan konsep pengelolaan laboratorium kimia secara terintegrasi dengan perlindungan lingkungan (berwawasan *green chemistry*). Upaya yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah implementasi konsep 3RH (*Reduce, Reuse, Recycle, dan Handle*) dalam manajemen bahan dan manajemen limbah Laboratorium Kimia Dasar.

Permasalahan yang diteliti antara lain: 1) Seberapa besar potensi timbulan sisa analisis kimia sebagai “*waste generator*”; 2) Bagaimana meminimalisasi jumlah penggunaan bahan kimia dan potensi timbulnya polutan melalui implementasi 3RH dalam manajemen bahan kimia dan manajemen limbah di Laboratorium Kimia Dasar FMIPA Undiksha; 3) Sejauh mana

penerapan 3RH (*Reduce, Reuse, Recycle, dan Handle*) dapat menunjang terwujudnya laboratorium kimia yang efisien, serta ramah lingkungan?

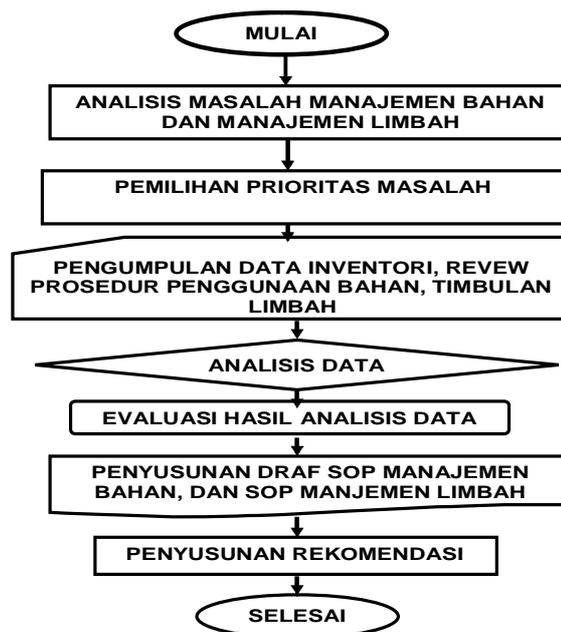
Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mengatasi permasalahan efisiensi pengelolaan bahan kimia dan potensi pencemaran yang ditimbulkan akibat kurang efektifnya pengelolaan bahan kimia di Laboratorium Kimia FMIPA Undiksha. Secara spesifik tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut. a) Menghitung potensi timbulan sisa analisis kimia sebagai “*waste generator*”; b) Melakukan pengujian langkah-langkah untuk meminimalisasi jumlah penggunaan bahan kimia dan potensi timbulnya polutan melalui implementasi 3RH dalam manajemen bahan kimia dan manajemen limbah di Laboratorium Kimia Dasar FMIPA Undiksha; c) Menganalisis efektivitas penerapan 3RH (*Reduce, Reuse, Recycle, dan Handle*) dalam menunjang terwujudnya laboratorium kimia yang efisien, serta ramah lingkungan.

## 2. Metode

Metode penelitian yang dipakai adalah metode penelitian tindakan (*action research*) yaitu suatu proses yang dilalui oleh peneliti untuk menangani permasalahan (di Laboratorium Kimia Dasar). Metode yang akan dilakukan adalah implementasi 3RH (*Reduce, Reuse, Recycle, dan Handle*) dalam manajemen bahan dan penanganan limbah Laboratorium Kimia Dasar FMIPA Undiksha.

### 2.1 Rancangan Penelitian

Untuk melakukan penelitian ini dimulai dari pengenalan permasalahan yang menjadi topik atau tema dan dilanjutkan dengan pemilihan prioritas masalah sehingga penelitian tidak bias dan cakupan ruang lingkup tidak menjadi luas.



Gambar 1. Rancangan Penelitian

### 2.2 Analisis Data

- 1) Mengolah data dari catatan inventori pembelian dan penyimpanan bahan kimia dalam selang waktu 1 tahun terakhir;
- 2) Memilah data bahan kimia baik, kadaluarsa dan rusak kemasan;
- 3) Dari data bahan kimia rusak kemasan dipilah lagi menjadi yang masuk kategori bahan potensi menghasilkan polutan dan yang tidak;
- 4) Uji kelayakan prosedur praktikum (percobaan) dengan jumlah bahan minimal (skala kecil);
- 5) Untuk bahan polutan diperiksa cara penanganannya melalui MSDS;
- 6) Menghitung jumlah timbulan limbah yang dihasilkan laboratorium selang waktu 1 (satu) semester, kemudian mengkonversikannya.

### 2.3 Teknik Pengambilan Data

- a. Pencatatan jumlah bahan kimia yang dipakai dan bahan kimia yang kadaluarsa, bahan kimia rusak kemasan;
- b. Pencatatan sumber dan kuantitas limbah padat, limbah cair yang dihasilkan kurun waktu 1 semester;
- c. Pencatatan kondisi awal dan setelah implemetasi penelitian terhadap

- kuantitas timbulan limbah padat dan cair di laboratorium;
- d. Perhitungan jumlah analisis kimia yang dilakukan di laboratorium setelah penerapan prosedur alternatif;
  - e. Perhitungan jumlah sample (analit) yang dipergunakan sebagai bahan analisis (praktikum);
  - f. Perhitungan perbandingan timbulan limbah laboratorium kurun waktu 1 semester.

### 3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian uji coba penggunaan bahan dengan jumlah kurang dari jumlah bahan yang dicantumkan pada petunjuk praktikum yang dijadikan acuan prosedur praktikum regular memberi data sebagai berikut: Beberapa topik praktikum (seperti pemisahan campuran, reaksi-reaksi kimia, elektrolisis KI), penggunaan bahan seperempat hingga setengah dari jumlah bahan yang dicantumkan dalam petunjuk praktikum masih bisa memberi hasil yang dapat diamati.

Walaupun pada topik tertentu seperti panas reaksi, pengurangan jumlah pemakaian bahan tidak bisa dilakukan. Namun dapat diatasi dengan pemakaian alat (calorimeter) alternatif yang kapasitas volumenya lebih kecil (memanfaatkan kotak kemasan minuman instan).

Berdasarkan catatan persediaan bahan kimia (inventori) di gudang selama tahun 2006 dapat dibagi menjadi beberapa kategori, yaitu :Bahan kimia sering dipakai (*fast moving*), artinya bahan tersebut dalam selang waktu 6 (enam) bulan terakhir aktif masuk dan keluar gudang. Tingkat kebutuhan dan tingkat pemenuhan bahan berlangsung seimbang sehingga tidak ada bahan kimia sisa ataupun tersimpan lama di gudang laboratorium; Untuk bahan kimia cair kategori dibutuhkan (*fast moving*) = 41 jenis.

Untuk bahan kimia padatan kategori dibutuhkan (*fast moving*) = 36 jenis. Kondisi pengaruh negative internal yang dapat dikendalikan dan dipakai untuk tujuan perbaikan kearah yang lebih baik terhadap: Belum ada prosedur

tanggap darurat mengenai penanganan dan penyimpanan bahan kimia di gudang. Akibat tidak dimilikinya prosedur tersebut maka pada saat kondisi lingkungan gudang tidak memenuhi seperti yang dipersyaratkan (air conditioner tidak berfungsi) tidak ada langkah-langkah yang dilakukan agar dapat mengatasi suhu panas didalam gudang yang berakibat beberapa kemasan bahan kimia menjadi rusak.

Beberapa topik praktikum lainnya (seperti: pemisahan campuran, indikator asam-basa, titrasi asam-basa, elektrolisis KI, penetapan panas reaksi, laju reaksi) sangat memungkinkan memanfaatkan bahan-bahan alternatif yang ramah lingkungan dan mudah didapat dari lingkungan sekitar.

#### 1) Indikator Asam-Basa

Pada petunjuk praktikum kimia dasar (regular) bahan-bahan kimia yang digunakan antara lain: asam klorida (HCl), natrium hidroksida (NaOH), phenolphthalien (PP), metilen blue (BB), metyl merah (MM).

Untuk keperluan efisiensi dan meminimalisasi timbulan limbah polutan, hasil penelitian menunjukkan bahan-bahan kimia tersebut dapat diganti dengan bahan-bahan alternatif sebagai berikut:

- Asam Klorida dapat diganti dengan asam alami dari ekstrak buah jeruk nipis atau ekstrak buah lemon;
- Basa (Natrium hidroksida) dapat diganti dengan basa alami yang dibuat dari ekstrak batu kapur (kapur sirih).
- Indikator asam-basa (PP) dapat diganti dengan indikator alam yang dibuat dari ekstrak rimang kunir atau ekstrak bunga (bunga angsooka, mawar, kamboja jepang, dll).

Hasil pengujian menunjukkan, penggunaan bahan seperempat atau setengah dari jumlah yang ditentukan dalam petunjuk praktikum kimia dasar (regular) ternyata masih teramati. Jika petunjuk praktikum hasil penelitian ini diterapkan maka dapat memberi efisiensi

hingga 50%. Misalnya: pada praktikum sublimasi  $I_2$ , menurut petunjuk praktikum regular  $I_2$  yang digunakan sebanyak 2 gram padahal dengan menggunakan  $I_2$  saja tujuan praktikum sudah bisa teramati.

Demikian pula pada praktikum titrasi asam-basa, konsentrasi asam klorida dan basa (natrium hidroksida) yang ditentukan adalah 0,1 M sebanyak 25 ml. Hasil penelitian menunjukkan, dengan menggunakan konsentrasi asam maupun basa 0,05M dengan jumlah 10 ml saja tujuan dan hasil praktikum bisa dicapai.

#### **Limbah cair/semester**

Total limbah cair sebelum implementasi = 6,204 Kg/semester, yang dibuang ke saluran pembuangan. Total limbah cair setelah implemementasi = 3,100 Kg/semester, yang dibuang dan sebagian ditampung. Pengurangan /reduction = 3,104 Kg/semester ditampung dalam kemasan tersendiri dengan diberi label

#### **Limbah padat/semester**

Total limbah cair sebelum implementasi = 5,802 Kg/semester, yang dibuang begitu saja. Total limbah cair setelah implemementasi = 2,901 Kg/semester, yang dibuang dan sebagian ditampung. Pengurangan /reduction = 2,901 Kg/semester ditampung dalam kemasan tersendiri dengan diberi label

### **3.2 Pembahasan Hasil Penelitian**

Implementasi 3RH (**Reduce, Reuse, Recycle, dan Handle**) dalam manajemen bahan kimia dapat mengurangi pemakaian bahan kimia (reduce), pemakaian kembali bahan hasil analisis atau pemanfaatan kembali sisa analisis untuk praktikum lainnya (reuse), dan menerapkan konsep daur ulang (recycling). Penyempurnaan sistem penanganan dan pengelolaan bahan kimia dari proses pengadaan, penyimpanan, pemanfaatan, sampai penanganan sisa hasil (limbah) juga bagian yang sangat penting.

Reduce berarti mengurangi penggunaan bahan-bahan (terutama yang bisa merusak lingkungan). Bila harus

menggunakan bahan berbahaya, gunakan sesedikit mungkin. Mengurangi adalah upaya yang paling efektif dalam menanggulangi dampak negatif.

Kegiatan praktikum kimia di laboratorium umumnya berpedoman pada penuntun praktikum yang disusun oleh dosen-dosen (guru) atau diambil dari *texbook*. Studi empirik menunjukkan penggunaan zat-zat kimia dalam prosedur praktikum banyak yang mubasir. Jumlah bahan yang semestinya cukup dalam skala kecil, ternyata digunakan dalam jumlah yang relatif banyak. Hal ini tentu berpotensi menghasilkan limbah yang lebih besar pula.

Terutama untuk percobaan-percobaan yang bersifat kualitatif, sesungguhnya penggunaan bahan/zat dalam skala kecil, perubahan-perubahan yang diharapkan sudah cukup teramati. Dampak penggunaan bahan dalam skala besar disamping tidak efisien juga akan menghasilkan limbah (polutan) yang dapat berpotensi lebih besar menimbulkan kerusakan lingkungan. Oleh karena itu, sebagai upaya meningkatkan efisiensi dan efektifitas penggunaan bahan (zat kimia) perlu dikurangi seminimal mungkin (*reducing*). Bila mungkin jangan menggunakan bahan kimia berbahaya. Usahakan mencari gantinya (substitusi) yang lebih aman.

Contoh: (dalam petunjuk praktikum):

- 1) Judul praktikum: pemisahan campuran. Sub:Rekristalisasi, menggunakan bahan  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  = 10 gram?; sub: sublimasi, menggunakan  $I_2$  = 2 sendok kristal iod? (analisis: jumlah bahan mungkin bisa dikurangi, iod mungkin bisa diganti dengan bahan lain seperti kapur barus.
- 2) Reaksi-reaksi kima  
Konsentrasi reaktan yang ditunjukkan dalam petunjuk praktikum = 1 M (bagaimana dengan konsentrasi yang lebih encer, apakah perubahan yang terjadi masih dapat diamati?
  - 1) Variasi kontinu. Reaktan ditunjukkan menurut prosedur = 2 M?
  - 2) Isolasi senyawa bahan alam, menggunakan eter sebanyak 200 ml?

- 3) Pembuatan reagen. Praktikan sering membuat reagen dalam jumlah besar (menurut petunjuk), padahal dalam analisis hanya diperlukan beberapa tetes. Sisanya menjadi mubazir?

Mengurangi juga efektif menurunkan biaya pengadaan bahan yang harus dibayar (memiliki nilai efisiensi). Dengan demikian penting dilakukan peninjauan kembali terhadap prosedur-prosedur percobaan yang mubazir.

#### **Reuse**

Reuse sendiri berarti pemakaian kembali bahan-bahan hasil percobaan satu pada percobaan lainnya (berikutnya). Reuse adalah istilah yang luas yang menggabungkan menggunakan kembali bahan dan menggunakan barang-barang yang memiliki kualitas dapat digunakan kembali. Menggunakan bahan-bahan yang dapat digunakan kembali disamping mencegah limbah, juga menurunkan jumlah bahan yang diperlukan untuk memproduksi produk baru. Hasil polusi kurang, dan lebih banyak sumber daya alam yang tersisa utuh.

Daripada membuang bahan-bahan seperti sisa atau produk praktikum, kita dapat memanfaatkan penggunaan bahan-bahan tersebut pada percobaan atau praktikum lain, dengan demikian mengurangi konsumsi sumber daya baru. Misalnya, produk praktikum (percobaan) pada mata kuliah kimia dasar digunakan dalam praktikum kimia analitik atau praktikum kimia anorganik. Konsekuensinya tentu dibutuhkan koordinasi sinkronisasi antara pengampu mata kuliah. Alternatif lain misalnya, melalui pengembangan model prosedur praktikum bersiklus.

**Recycle** adalah mendaur ulang barang/bahan. Istilah "daur ulang" mengacu pada proses dimana item atau komponennya yang digunakan untuk menciptakan sesuatu yang baru. Daur ulang mengkonversi komponen asli dan kemudian memanfaatkan untuk digunakan dalam kegiatan lain.

Daur ulang dalam kegiatan laboratorium dapat dilakukan melalui mendaur ulang sampah/limbah laboratorium atau barang bekas dari

lingkungan sekitar dimanfaatkan untuk kegiatan praktikum. Misalnya, menggunakan bekas botol plastik air minum atau apapun sebagai pot tanaman. Memanfaatkan kaleng bekas kemasan makanan/minuman sebagai bahan praktikum. Mendaur ulang kertas bekas sebagai salah satu topik praktikum. Daur ulang ekstrak bahan berharga dari komponen yang mungkin dianggap sampah dan mengubahnya menjadi produk baru. Daur ulang disarankan mengikuti aturan pemusnahan atau pembuangan bahan dengan benar. Sebuah proses kimia pada dasarnya akan menghasilkan produk dan limbah dari bahan baku seperti substrat, pelarut dan reagen. Jika sebagian besar reagen dan pelarut dapat didaur ulang tentu akan memberi nilai efisiensi serta ramah lingkungan.

Dengan demikian, pencegahan limbah dapat dicapai jika sebagian besar reagen dan pelarut dapat didaur ulang. Sebagai contoh, katalis dan reagen seperti asam dan basa yang terikat pada fase padat dapat disaring, dan dapat diregenerasi (jika diperlukan) dan digunakan kembali dalam jangka berikutnya. Dalam produksi produk kimia pada skala yang sangat besar, katalis heterogen dan reagen dapat disimpan stasioner sedangkan substrat terus ditambahkan dan melewati untuk menghasilkan produk yang terus menerus dihapus (misalnya dengan distilasi).

**Handle** (Penanganan dan Pembuangan Bahan Kimia Tumpahan di Laboratorium IPA). Laboratorium yang baik adalah laboratorium yang tidak hanya memperhatikan masalah ketelitian analisa saja. Akan tetapi laboratorium yang baik juga harus memperhatikan masalah pembuangan limbah. Limbah yang dibuang sembarangan, jika masuk ke badan air tanah dan mengalir ke pemukiman penduduk akan menimbulkan bahaya. Terutama logam-logam berat. Jika tidak ditangani dengan baik dapat membahayakan makhluk hidup dan merusak lingkungan (Saputra, Y. E. 2008).

Hasil penelitian Robby Lasut (2006), menunjukkan bahwa: 1) implementasi manajemen bahan kimia dan limbah laboratorium mampu menghilangkan penyimpanan bahan kimia kadaluarsa dan rusak kemasan. 2) Melalui manajemen limbah bahan kimia berupa pemisahan bahan kimia kadaluarsa dan rusak kemasan serta pengelolaannya sebelum dimusnahkan, mampu meminimalisasi potensi kontaminasi bahan kimia yang disimpan di gudang. Atul Kumar, V.D. 2011, menyebutkan dalam hasil penelitiannya, pengembangan prosedur kimia hijau sehingga dapat dilihat sebagai investasi untuk masa depan, menjadi sebuah keniscayaan. Misalnya, sebuah proses kimia yang menghasilkan produk dan limbah dari bahan baku seperti substrat, pelarut dan reagen yang dapat didaur ulang.

Proses perencanaan pembelian bahan kimia mengikuti konsep " *less is better* " yaitu upaya untuk senantiasa berpikir kepada pola penggunaan bahan kimia minimalis sebagai tindak lanjut dari pencegahan polusi sejak awal proses kegiatan.

Dalam hal menekan efek timbulan limbah, untuk mengurangi akumulasi uap bahan kimia mudah terbakar, gudang penyimpanan dilengkapi kipas penghisap udara (*exhaust fan*). Untuk melakukan proses perencanaan pembelian bahan kimia, laboratorium memiliki prosedur baku dalam bentuk aturan dan tata cara proses pembelian bahan sesuai dengan prinsip ISO 17025 yang tercantum didalam Prosedur Perencanaan Pengadaan Barang.

Pada tahap audit bahan kimia di gudang, segregasi terhadap bahan korosif, organik, dan oksidator harus mendapat perhatian secara khusus sebab ketiga bahan tersebut sangat reaktif dan sangat mudah terkontaminasi. Rak penempatan bahan korosif sebaiknya bukan dari bahan logam, sebab apabila terjadi kerusakan kemasan maka uap korosif dapat menyebabkan rak menjadi keropos. Bahan korosif sebaiknya disimpan pada lemari

tertutup dan yakin bahwa kemasan dan label tidak rusak.

Semua bahan kimia yang rusak dan atau kadaluarsa harus segera dipisahkan dari tempat penyimpanannya dan diletakkan pada tempat khusus yang dikenal dengan "remote area/satelite area" hal ini dimaksud untuk pencegahan kontaminasi dua bahan kimia bercampur yang dapat menyebabkan biaya pengelolaan dan pengolahannya menjadi besar.

#### 4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat dirumuskan kesimpulan sementara sebagai berikut:

Hasil identifikasi terhadap frekuensi penggunaan laboratorium dan jumlah pengguna laboratorium serta jumlah penggunaan bahan-bahan kimia dalam satu semester dapat disimpulkan bahwa timbulan sisa analisis kimia sebagai "waste generator" termasuk kategori tinggi.

Minimalisasi jumlah penggunaan bahan kimia dan potensi timbulnya polutan pada aktivitas di laboratorium kimia Dasar FMIPA Undiksha dapat dilakuakn melalui implementasi 3RH, yakni penggunaan bahan sesedikit mungkin, pemanfaatan bahan alternatif yang ramah lingkungan, penerapan prosedur praktikum bersiklus dalam manajemen bahan kimia dan melakukan pengolahan limbah dalam manajemen limbah di Laboratorium Kimia.

Penerapan 3RH (*Reduce, Reuse, Recycle, dan Handle*) dalam manajemen bahan dan limbah laboratorium kimia dapat menekan jumlah penggunaan bahan kimia dan timbulan limbah laboratorium serta menunjang terwujudnya laboratorium kimia yang efisien dan ramah lingkungan.

Untuk meningkatkan efisiensi penggunaan bahan kimia dan meminimalisasi timbulan limbah sisa hasil aktivitas di laboratorium kimia, disarankan bagi pihak-pihak yang terkait dengan pengelolaan dan pemanfaatan laboratorium kimia untuk menggunakan bahan-bahan kimia seminimal mungkin

dan sedapat mungkin menggunakan bahan-bahan alternatif yang ramah lingkungan.

### 5. Daftar Pusaka

American Chemical Society. 2010. *Task Force on Laboratory Waste Management. Less is Better*. Washington, DC: American Chemical Society.

Bashkin, JK. 2009. *Chemistry for a sustainable world*. <http://greenchemistry.wordpress.com>. (diakses pada tanggal 6 Mei 2010, pukul 04.25 WIB)

Feng Zhu. at.al. 2015. *Recycle Waste Salt as Reagent: A One-Pot Substitution/Krapcho Reaction Sequence to  $\alpha$ -Fluorinated Esters and Sulfones*. Shanghai Key Laboratory of Green Chemistry and Chemical Process, Department of Chemistry, East China Normal University, Shanghai 200062, P. R. China. DOI: 10.1021/acs.orglett.5b00072. Publication Date (Web): February 05, 2015. Copyright © 2015 American Chemical Society

Fuller, S. 2005. *Minimization in Laboratories*. *Rocks and Mineral (Fredly Pocket Guide)*, Downly Leadership, London, 136-139. <http://www.chem-is-try.org/index.php?sect=artikel&ext=101>  
[http://www.epa.gov/greenchemistry/pubs/whats\\_gc.html](http://www.epa.gov/greenchemistry/pubs/whats_gc.html)

ISO 17025-2005, Panduan Persyaratan Sistem Manajemen Laboratorium.

Johan Bahdir. 2000. Pengelolaan Limbah Cair dengan Proses Evaporasi.

Pusat Pengembangan Pengelolaan Limbah Radioaktif, BATAN. *Buletin Limbah Vol.5 No. 2*

Nurma. 2008. Green Chemistry. <http://nurma.staff.fkip.uns.ac.id/> (diakses pada tanggal 1 Oktober 2012, pukul 103.50 WITA)

Oisik Das, Ajit K. Sarmah . 2015. *Mechanism of waste biomass pyrolysis: Effect of physical and chemical pre-treatments*. Original Research Article *Science of The Total Environment, Volume 537, 15 December 2015, Pages 323-334*

Permenpan dan RB No.03 Tahun 2010. Tentang Jabatan Fungsional Pranata Laboratorium Pendidikan dan Angka Kreditnya

Robby Lasut. 2006. Implementasi Manajemen Bahan Kimia dan Limbah Laboratorium Kimia (Studi Kasus di Laboratorium PT Pupuk Kaltim, tbk ). Tesis. Program Magister Ilmu Lingkungan. Semarang: Undip

Subamia, I.D.P. 2012. Implementasi 3RH (Reduce, Reuse, Recycle, dan Handle) Dalam Tata Kelola Laboratorium IPA (Kimia) Berwawasan *Green Chemistry*. Prosiding Semnas MIPA. ISBN : 978-602-17993-0-7

Widjajanti, E. 2009. Penanganan Limbah Laboratorium Kimia. Makalah disajikan dalam Kegiatan PPM Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY. 13 Nopember 2009

Wiley-VCH Weinheim. 2007. Green Chemistry. URL:<http://www.organic-chemistry.org/topics/green-chemistry.shtm>