

MAKALAH PENDAMPING : PARALEL D



SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA IV
"Peran Riset dan Pembelajaran Kimia dalam Peningkatan Kompetensi
Profesional"
Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP UNS
Surakarta, 31 Maret 2012



IMPLEMENTASI *PROCESS ORIENTED GUIDED INQUIRY LEARNING (POGIL)* DALAM PERKULIAHAN DAN *SCIENCE WRITING HEURISTIC (SWH)* DALAM PRAKTIKUM: TELAAH PERANAN PENDIDIKAN KIMIA DALAM MENSUKSESKAN *GREEN CHEMISTRY*

R. Arizal Firmansyah^{*)}

^{*)}Tadris Kimia Fakultas Tarbiyah IAIN Walisongo Semarang

ABSTRAK

Perkembangan riset sains Kimia dalam beberapa dekade telah mengarah pada penerapan 12 prinsip dalam kimia ramah lingkungan (*green chemistry*) yaitu pencegahan, sintesis bahan kimia yang kurang berbahaya, desain bahan kimia yang lebih aman, penggunaan pelarut yang lebih aman, efisiensi energi, bahan baku yang dapat diperbarui, pengurangan terbentuknya turunan, katalis, degradasi bahan kimia, *real-time analysis* sebagai pencegahan terjadinya polusi, dan minimalisasi bahan kimia yang berpotensi timbulnya kecelakaan. *Green chemistry* sebenarnya bukan merupakan ilmu baru, tetapi merupakan cara berpikir baru bahwa penerapan sains kimia harus mempertimbangkan generasi mendatang dan lingkungan. Untuk itu perlu pembiasaan berpikir kritis dan *problem solving* bagi mahasiswa kimia melalui *Process Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL)* dalam perkuliahan dan *Science Writing Heuristic (SWH)* dalam praktikum. Kemampuan berpikir kritis dan *problem solving* ini sangat diperlukan untuk menjawab berbagai tantangan untuk terwujudnya *green chemistry*.

Kata Kunci: *Process Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL)*; *Science Writing Heuristic (SWH)*; *green chemistry*.

A. *PROCESS ORIENTED GUIDED INQUIRY LEARNING (POGIL)*

Konstruktivisme sebagai teori pembelajaran mengusulkan bahwa pengetahuan itu dibangun dalam pikiran atau benak pembelajar. Proses membangun pengetahuan tersebut dapat terjadi ketika pembelajar menggunakan kemampuan berpikir tingkat tinggi dengan cara mengkoneksikan antara pengetahuan barunya dengan pengetahuan sebelumnya (Bodner, 1986). Teori ini mendukung adanya aktifitas pembelajaran yang memfasilitasi terjadinya proses pembangunan pengetahuan. Salah satunya adalah *Process Oriented Guided Inquiry*

Learning yang disingkat dengan nama POGIL¹.

POGIL merupakan metode pembelajaran yang menitik beratkan pada kemampuan proses dengan menggunakan pendekatan *inquiry* yang terdiri atas eksplorasi, penemuan konsep, dan aplikasi (Schroeder dan Greenbowe, 2008). Pada tahap eksplorasi, pembelajar (mahasiswa) disajikan beberapa pertanyaan yang mudah dan gambar atau grafik untuk menstimulasi pemikirannya sehingga diharapkan muncul ketidakseimbangan dalam struktur mentalnya. Adanya ketidakseimbangan dalam struktur mentalnya tersebut ditandai

¹Metode ini pertama kali dirancang oleh para ilmuwan di Franklin dan Marshall College Amerika Serikat jurusan kimia.

dengan berkembangnya kemampuan berpikir tingkat tinggi seperti pertanyaan mengapa dan bagaimana. Munculnya pertanyaan-pertanyaan ini menunjukkan bahwa mahasiswa telah siap memasuki tahap berikutnya, yaitu penemuan konsep. Pada tahap ini diharapkan terjadi keseimbangan antara konsep awal yang dimiliki mahasiswa dengan konsep baru yang sedang dipelajarinya melalui kegiatan seperti diskusi. Pada tahap terakhir, yaitu aplikasi, mahasiswa diajak untuk menerapkan pemahaman konsepnya ke dalam situasi yang baru yang menuntut kemampuan *problem solving*, misalnya menyelesaikan problem-problem nyata atau melakukan percobaan lebih lanjut (Budiasih dan Winarti, 2004).

Schroeder dan Greenbowe (2008) telah menerapkan POGIL dalam perkuliahan kimia organik. Dalam penelitiannya, mahasiswa dibentuk beberapa kelompok kecil. Kemudian, setiap kelompok disajikan pertanyaan-pertanyaan yang disusun secara sistematis mulai dari pertanyaan yang mudah hingga pertanyaan yang lebih sulit untuk didiskusikan. Pertanyaan-pertanyaan ini berfungsi sebagai pemandu bagi mahasiswa dalam rangka menguasai konsep reaksi Substitusi Nukleofilik ($S_N 1$ dan $S_N 2$). Contoh pertanyaan untuk perkuliahan dengan materi $S_N 2$ diantaranya, “ pada masing-masing reaksi berikut, tentukan gugus yang akan masuk (gugus pengganti) dan tentukan pula gugus perangnya !”. Pertanyaan berikutnya, meminta mahasiswa untuk menempatkan muatan parsial positif dan negatif (δ^+ dan δ^-) pada karbon reaktan. Pertanyaan terakhir, meminta mahasiswa untuk menuliskan mekanisme reaksinya dengan menggambar garis kurva tanda panah. Kemudian, disajikan pula pertanyaan pengembangan yang mencakup konsep inversi (stereokimia) dan laju reaksi. Jawaban dari setiap pertanyaan di atas diharapkan dapat memunculkan pemahaman baru yang nantinya diterapkan dalam berbagai reaksi $S_N 2$, kemampuan gugus pergi, dan latihan-latihan soal yang berkaitan dengan laju reaksi.

Perkuliahan berikutnya tentang reaksi $S_N 1$, mahasiswa diminta beberapa pertanyaan yang disusun secara sistematis sebagaimana pada perkuliahan tentang $S_N 2$. Pertanyaan pada perkuliahan tentang $S_N 1$ meminta mahasiswa untuk menentukan karbokasi primer, sekunder, dan tersier. Selanjutnya, mahasiswa diminta

membandingkan kestabilan dari ketiga karbokasi tersebut yang dibantu dengan diagram energy dari setiap karbokasi. Pertanyaan berikutnya meminta mahasiswa untuk membandingkan reaksi $S_N 1$ dan $S_N 2$ dalam hal: pelarut, stereokimia, nukleofil, dan laju reaksinya.

Selama perkuliahan berlangsung (baik kuliah tentang $S_N 2$ maupun $S_N 1$), dosen senantiasa memonitor perkembangan belajar mahasiswa dan sesekali membantu kesulitan belajar mahasiswa, tetapi dosen tetap bertindak sebagai fasilitator. Artinya jika mahasiswa bertanya, dosen tidak langsung menjawab pertanyaan mahasiswa, tetapi memberikan jenis pertanyaan menggiring yang memungkinkan mahasiswa menemukan sendiri jawabannya. Setelah diskusi dalam kelompok kecil selesai, dilanjutkan dengan diskusi kelas. Dalam hal ini, dosen meluruskan miskonsepsi yang terjadi dan memberikan penguatan konsep.

Untuk mengetahui keefektifan metode pembelajaran POGIL, maka Schroeder dan Greenbowe (2008) memberikan 2 pertanyaan untuk mahasiswa kelas eksperimen dan kelas kontrol. Pertanyaan pertama, meminta mahasiswa untuk menggambar struktur molekul produk dari reaksi antara senyawa alkohol dengan HCl. Pertanyaan kedua, mahasiswa diminta untuk menggambar struktur dua produk yang terbentuk dari reaksi antara alkil halide tersier dengan natrium etoksida, meminta mahasiswa menuliskan mekanisme reaksinya dan meminta supaya memberikan alasan produk yang terbanyak.

Pertanyaan pertama, 22 mahasiswa kelas eksperimen dan kontrol mampu menjawabnya dengan benar dari 23 mahasiswa yang ada (95 %). Tetapi untuk pertanyaan kedua, 34 % mahasiswa kelas eksperimen mampu menjawab dengan benar sedangkan mahasiswa kelas kontrol hanya mampu menjawab dengan benar sebanyak 25 %. Persentase ini menunjukkan bahwa metode pembelajaran POGIL mampu meningkatkan hasil belajar.

B. SCIENCE WRITING HEURISTIC (SWH)

Ilmu kimia sebagai salah satu rumpun ilmu alam merupakan hasil temuan para ilmuwan. Temuan-temuan tersebut dapat berupa prinsip, hukum, dan konsep yang dihasilkan melalui serangkaian kerja ilmiah (penelitian) di suatu laboratorium. Oleh karena itu, pembelajaran kimia di

tingkat menengah dan bahkan pendidikan tinggi tidak boleh lepas dari kegiatan di laboratorium (praktikum). Adanya kegiatan praktikum pada jenjang pendidikan tinggi khususnya merupakan upaya melatih mahasiswa berpikir dan bersikap ilmiah serta sarana belajar bagi mahasiswa untuk memahami konsep-konsep kimia. Tetapi kenyataannya, banyak mahasiswa dalam kegiatan praktikum hanya mendapatkan pemahaman konsep yang sedikit daripada pengetahuan teknisnya. Hal ini disebabkan pelaksanaan dan format laporan praktikum yang tidak sejalan dengan teori konstruktivisme. Pelaksanaan dan laporan praktikum yang sejalan dengan teori konstruktivisme salah satunya adalah *Science Writing Heuristic (SWH)*.

Science Writing Heuristic merupakan modifikasi dari pelaksanaan dan laporan praktikum yang selama ini telah ada (tradisional). Modifikasi tersebut sebenarnya merupakan panduan supaya mahasiswa terbiasa berpola pikir sebagaimana para ilmuwan sehingga lebih mudah menemukan dan memahami konsep kimia, serta merasakan pembelajaran yang bermakna (Erkol et al., 2010). Modifikasi tersebut dapat dilihat dari komponen-komponen yang terdapat dalam SWH, yaitu 1) *Prelaboratory Discussion*, 2) *Beginning Questions*, 3) *Tests and Observations Claims and Evidence*, dan 4) *Reading-Reflections*. Keempat komponen ini, terangkum dalam suatu desain pembelajaran sebagai berikut (Hand dan Keys, 1999; Schroeder dan Greenbowe, 2008):

1. Memberikan stimulus pada mahasiswa agar menimbulkan ketertarikan.
2. Meminta mahasiswa membuat rumusan masalah (curah gagasan).
3. Memandu jalannya proses penentuan masalah.
4. Meminta mahasiswa untuk menentukan prosedur percobaan sebagai cara untuk mencari solusi dari rumusan masalah yang telah dibuat.
5. Memberikan penjelasan tentang *safety* dalam prosedur yang telah ditetapkan.
6. Meminta memulai praktikum dan mencatatnya sesuai dengan format laporan SWH.
7. Meminta mahasiswa untuk melakukan diskusi kelas.

Sedangkan format laporan praktikum dengan pendekatan SWH dibanding format laporan tradisional dapat dilihat pada tabel 1 (Hand dan Keys, 1999;

Burke dan Greenbowe, 2006; Schroeder dan Greenbowe, 2008).

Berdasarkan desain pembelajaran di atas tampak bahwa praktikum dengan pendekatan SWH memberikan serangkaian pengalaman belajar yang memungkinkan bagi mahasiswa untuk berpikir kritis dan berlatih dalam pemecahan masalah (*problem solving*). Banyak definisi berpikir kritis yang dikemukakan oleh para ahli, diantaranya oleh Ennis (1985) dan Paul (1996). Menurut Paul (1996), berpikir kritis didefinisikan sebagai kemampuan mengambil tanggung jawab dan mengontrol apa yang dipikirkan. Sedangkan Ennis (1985) mendefinisikan berpikir kritis adalah berpikir logis dan reflektif terhadap apa yang diyakini dan apa yang dikerjakan. Dua definisi di atas, kemudian disimpulkan oleh Qing, dkk (2010), bahwa berpikir kritis adalah proses berpikir yang terjadi secara inisiatif dari dirinya sendiri dan evaluatif terhadap pengetahuan atau informasi yang telah dipelajarinya yakni, keautentikan, akurasi, proses, teori, metode, latar belakang, argumennya, kemudian membuat keputusan yang masuk akal tentang apa yang dikerjakan dan apa yang diyakini kebenarannya.

Untuk lebih jelasnya, berikut contoh laporan praktikum dengan pendekatan SWH.

(Avogadro.chem.iastate.edu/SWH/Lab_report.htm, diakses 30 Maret 2012).

The Reaction of Copper Metal with Elemental Sulfur

Beginning question: *does the empirical formula of the product depend on the mass of copper metal used ?*

Procedure:

1. *Heat a crucible and it's lid to constant weight. Find the mass of the lid separately in case it falls off and breaks.*
2. *Measure a piece of copper wire to a length of 15-25 cm.*
3. *Pass the Cu wire through a fold of fine grit sandpaper to take away any surface coating and to prepare a fresh surface for reaction.*
4. *Coil the Cu wire around a pencil, compress the sample so the coils are not touching, put in empty crucible and find mass.*
5. *Completely cover the Cu coil with powdered S.*
6. *With the lid completely on the crucible, heat until visible signs of reaction cease.*

7. Repeat the process of adding more sulfur to cover the coil and heat again to constant mass.

8. Find the mass of the product.

Observations:

1. The copper metal sample is shiny, flexible, red-brown metal.

2. The sulfur powder is yellow and has the consistency of flour or cornstarch.

3. When the crucible gets hot, purple flames and a white vapor escape. The vapor is irritating in the nose/throat.

4. Some sulfur melts and drips out.

5. The product is a thick, gray-black coil (thicker than the copper wire). It is brittle. When broken apart, it is clear that there is no more pure Cu wire inside it has all been converted to the black product.

6. KIMIA RAMAH LINGKUNGAN (GREEN CHEMISTRY)

Noyori (2009) dalam suatu artikelnya memaparkan perkembangan riset kimia dari penemuan struktur DNA hingga riset kimia yang mulai mempertimbangkan aspek lingkungan dan generasi mendatang. Riset kimia yang terakhir ini kemudian dikenal sebagai *green chemistry* atau kimia ramah lingkungan. Kimia ramah lingkungan pada prinsipnya mengacu pada pemanfaatan ilmu kimia dalam rangka mencegah terjadinya polusi. Sebenarnya kimia ramah lingkungan bukan cabang kimia baru, tetapi lebih merupakan cara berpikir atau pola pandang baru bahwa penerapan ilmu kimia harus mempertimbangkan lingkungan dan generasi mendatang (Clark, 2005; Beach, dkk., 2009; Anastas dan Eghbali, 2009).

Pelaksanaan kimia ramah lingkungan berpijak pada 12 prinsip yaitu pencegahan, sintesis bahan kimia yang kurang berbahaya, desain bahan kimia yang lebih aman, penggunaan pelarut yang lebih aman, efisiensi energi, bahan baku yang dapat diperbarui, pengurangan terbentuknya turunan, katalis, degradasi bahan kimia, *real-time analysis* sebagai pencegahan terjadinya polusi, dan minimalisasi bahan kimia yang berpotensi timbulnya kecelakaan (Anastas dan Eghbali, 2009). Kedua belas prinsip ini dapat dilihat pada riset-riset kimia pada beberapa dekade terakhir. Mulai tahun 1995 hingga 2011, riset kimia yang mengarah pada kimia ramah lingkungan mengalami peningkatan yang signifikan (Andraos dan Dicks, 2012). Bahkan Noyori (2009) mengatakan bahwa riset kimia di masa yang akan datang adalah riset kimia

yang mengarah pada kimia ramah lingkungan. Untuk hal tersebut, peranan pendidikan kimia sangat penting, salah satunya dalam mempersiapkan mahasiswa sebagai calon ilmuwan yang berpola pikir kritis dan memiliki kemampuan *problem solving* diantaranya melalui penerapan pendekatan pembelajaran POGIL dan SWH. Pola pikir semacam ini sangat menunjang dalam menghasilkan temuan-temuan kimia yang bersifat ramah lingkungan karena tanpa pola pikir kritis dan *problem solving* tidak akan dihasilkan ide atau gagasan yang mengarah pada penemuan-penemuan kimia yang ramah lingkungan, seperti pada penemuan metode baru sintesis Ibuprofen. Metode sintesis yang baru, penggunaan pelarut organik dikurangi dan tahapan sintesisnya lebih singkat sehingga mampu mengurangi toksisitas bagi tubuh, pencemaran air dan energi (Gambar 1). Selain itu, pola pikir kritis dan *problem solving* juga dapat menunjang dalam mengatasi masalah-masalah nyata yang terkait dengan lingkungan seperti pada polihidroksi alkanolat dari jagung sebagai bahan pembuatan plastik yang *biodegradable* sehingga mengurangi limbah plastik (Gambar 2). Oleh karena itu, POGIL dan SWH memiliki peran yang penting dalam mewujudkan *green chemistry*.

REFERENSI

[1]Anastas P., and Eghbali N., 2009, *Green chemistry: Principles and Practice*, Chemical Society Reviews, **39**, 301–312.

[2]Andraos J., and Dicks A. P., 2012, *Green chemistry teaching in higher education: a review of effective practices*, *Chemistry Education Research and Practice*, DOI: 10.1039/c1rp90065j, downloaded on 29 March 2012.

[3]Avogadro.chem.iastate.edu/SWH/Lab_report.htm, diakses 30 Maret 2012

[4]Beach E. S., Cui Z., and Anastas P. T., 2009, *Green chemistry: A design framework for sustainability*, *Energy & Environmental Science*, **2**, 1038–1049

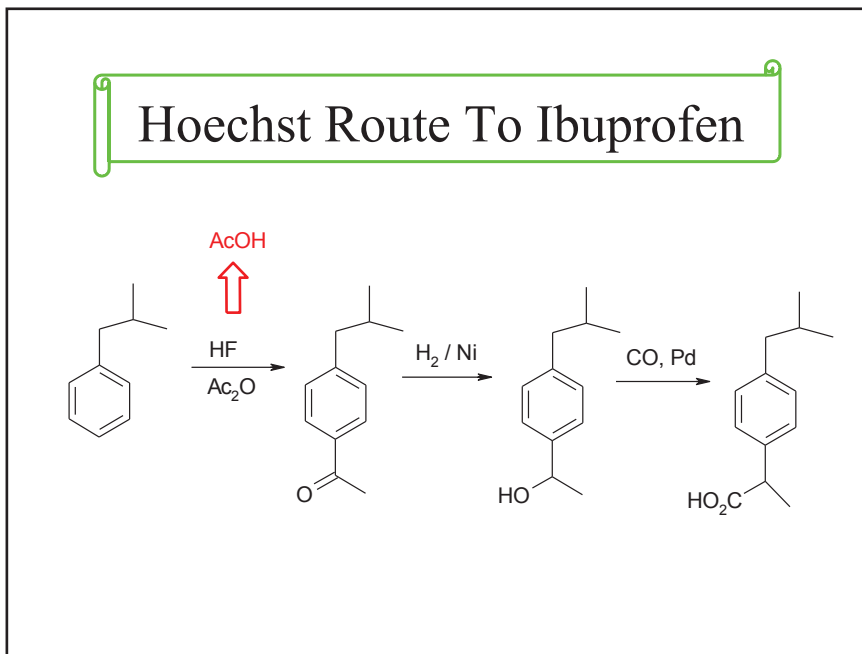
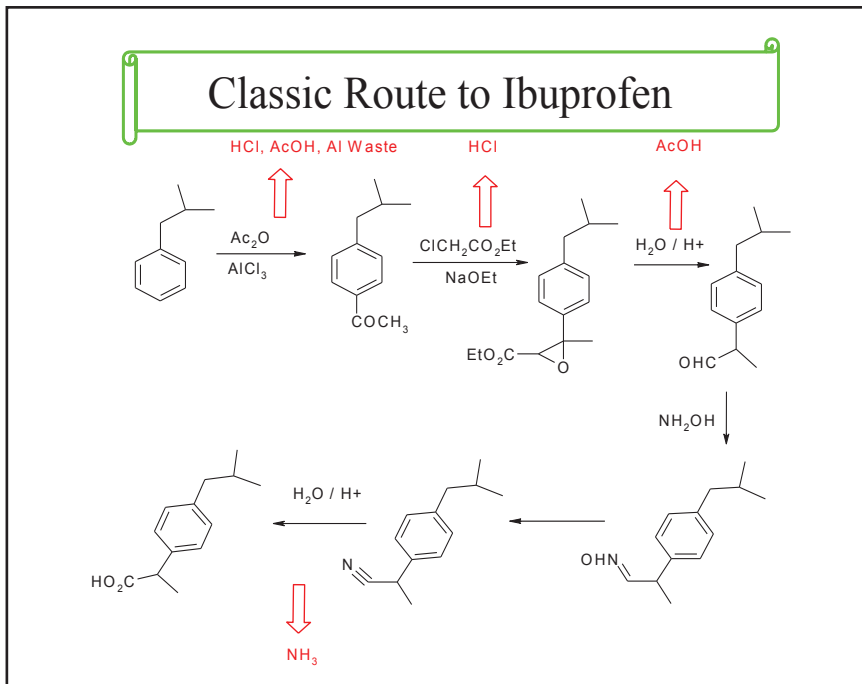
[5]Bodner G.M., (1986), Constructivism: a Theory of Knowledge, *Journal of Chemical Education*, **63**, 873-878.

- [6]Burke dan Greenbowe, 2006, Implementing the Science Writing Heuristic in the Chemistry Laboratory, *Journal of Chemical Education*, **83**.
- [7]Budiasih E., Widarti H. R., 2004, Penerapan Pendekatan Daur Belajar (learning Cycle) dalam Pembelajaran Matakuliah Praktikum Kimia Analisis Instrumen, *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, Vol.10 (1), hal. 70-78.
- [8]Clark J. H., 2005, *Green chemistry: today (and tomorrow)*, *Green Chemistry*, **8**, 17–21.
- [9]Ennis R.H., 1985, A Logical Basis for Measuring Critical Thinking Skills, *Educational Leadership*, **43**, 44-48.
- [10]Erkol M., Kisogsticu M., Buyukkasap E., 2010, The Effect of Implementation of Science Writing Heuristic on Students' Achievement and Attitudes toward Laboratory in Introductory Physics Laboratory, *Precedia Social and Behavioral Sciences*, **2**, 2310-2314.
- [11]Hand B., and Keys C.W., 1999, Inquiry Investigation: A New Approach to Laboratory Report, *The Science Teacher*, **4**, 27-29.
- [12]Paul H., Sleet R., Logan P., and Hooper M., 2003, Teaching Critical Thinking in Undergraduate Science Course, *Science and Education*, **12**, 303-313.
- [13]Schroeder J. D., and Greenbowe T. J., (2008), Implementing POGIL in the lecture and the Science Writing Heuristic in the laboratory—student perceptions and performance in undergraduate organic chemistry, *Chemistry Education Research and Practice*, **9**, 149–156.
- [14]Noyori R., 2009, synthesizing our future, *Nature Chemistry* , vol. 1, www.nature.com/naturechemistry (diakses 29 Maret, 2012).

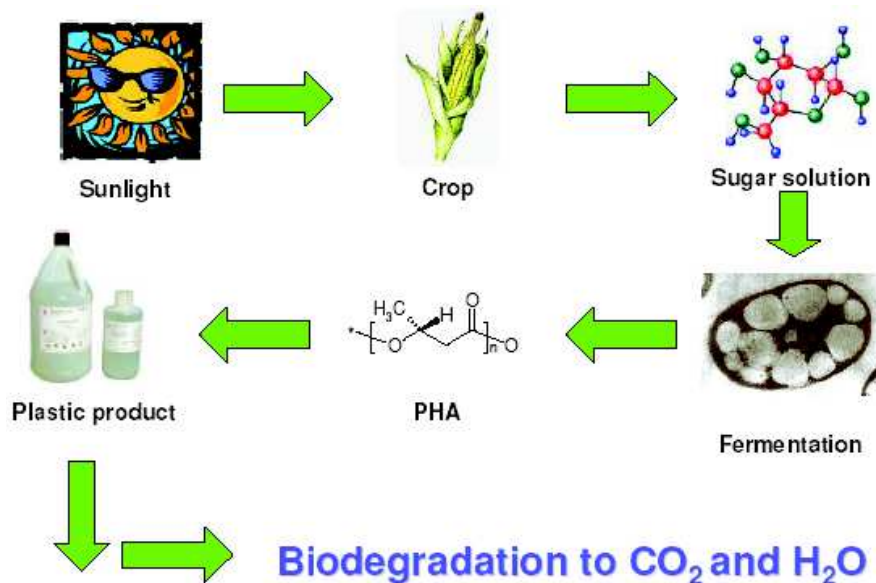
LAMPIRAN

Tabel 1. Format Laporan Praktikum dengan Model SWH

Format Laoran Tradisional	Format/ Templat SWH bagi Mahasiswa
Judul, tujuan	diawali dari pertanyaan-pertanyaan
Alat, bahan, dan cara kerja	Tes (apa yang saya kerjakan)
Data atau hasil pengamatan	Observasi (melakukan percobaan)
Pembahasan	Jawaban sementara yang disertai dengan bukti-bukti eksperimen
Perhitungan, gambar atau grafik	Mengeksplorasi referensi untuk menjawab masalah yang telah ditetapkan dan sekaligus untuk menguji kebenaran dari jawaban sementara yang telah diajukan.
	Refleksi. Bagaimana data saya dibanding kelompok lain atau referensi ? apakah ada perubahan ?



Gambar 1. a) Tahapan sintesis Ibuprofen (lama). b) Tahapan sintesis Ibuprofen (baru).



Gambar 2. Tahapan pembuatan polihidroksi alkanolat dari jagung (bahan yang dapat diperbarui) sebagai bahan pembuatan plastik yang *biodegradable*.

C. Data:

D. Experimental (class)

Team	Mass Cu	Moles Cu	Mass S	Moles S	Mole ratio Cu:S
M+C	0,4393	0,00913	0,1271	0,003963	1,744:1
M+J	0 4707	0,007407	0,1309	0,004082	1,815:1
K+N	0,9318	0,01466	0,2687	0,008379	1,750:1
T+G	0,8982	0,01413	0,2532	0,007895	1,790:1
*M+R	0,6473	0,01019	0,2533	0,007905	1,289:1
M+K	0,5111	0,008042	0,1604	0,005002	1,608:1
*J+J	0,8150	0,01282	0,3203	0,009988	1,294:1
D+M	0,5953	0,009367	0,1881	0,005865	1,597:1

E.

F. Class avg: 1,61 (mole Cu) : 1,000 (mole S)

G. *= anomalous data.

H. Calculations:

I. Mole Cu :

0,9318 g Cu	1 mole Cu
	63,55 g Cu

J. = 0,01466 mole Cu

K. Mole S :

0,2687 g S	1 mole S
	32,07 g S

L. = 0,008379 mole S

M.

N. Mole ratio :

$$\frac{\text{Mole Cu} = 0,01466 \text{ mole Cu} = 1,756 \text{ mole Cu}}{\text{Mole S} = 0,008379 \text{ mole S} = 1,000 \text{ mole S}} \approx 2 : 1$$

O. **Claim and evidence:** the empirical formula for the copper-sulfur compound is Cu₂S. Experimentally, it was found that 0,9318 g Cu (0,01466 mole) combined with 0,2687 g S (0,008379 mole S) in a ratio of 1,75 mole Cu to 1,000 mole S or in a 2:1 ratio. This is supported by the over all class average of 1,611 mole Cu to 1,000 mole S, also a 2:1 ratio.

- P. **Reading/ reflection:** although each group used a different length of Cu wire (to “cover” the range from 15-25 cm of wire), it was found that the mole ratio of Cu to S remained relatively constant, 1,611 : 1. There were two anomalies. The appearance of the final product was “rusty”. It could be possible that some type of side reaction occurred creating a product that was not copper(I) sulfide. We learned from reading about copper-sulfur compounds that copper(II) sulfide melts at a temperature of 103°C , so our product could not have been CuS. No matter how much sulfur was used, copper was the limiting reactant and combined with S according to the law of constant composition (definite proportions) in ratio of two moles of copper to one mole of sulfur, according to:
- Q.
$$2\text{Cu} + \text{S} \rightarrow \text{Cu}_2\text{S}$$
- R. This empirical formula Cu_2S has the smallest whole number ratio of moles of Cu to moles of S (text; p.64). Copper is in the “plus one” oxidation state (text; p.148) in compound.
- S. **Ref: “text”:** Silberberg, M.S. 2003. Chemistry: the Molecular Nature of Matter and Change 3rd. Mc Graw Hill.