

LAPORAN TUGAS AKHIR
EVAPORATOR TABUNG HORIZONTAL TERMODIFIKASI
DENGAN PROSES *BATCH*



SHELLY ARYANI S. R.	I8309038
TRIJAYATI	I8309040
WACHID ARFANI SAKTIARNO	I8309041
WAHYU AJI TRIPUTRO	I8309042

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARATA

2012
commit to user



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS SEELAS MARET
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA
Jl. Ir. Soetami No. 36A Surakarta 57126 Telp/Fax (0271) 632112**

**LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR**

Nama / NIM : 1. Shelly Aryani SR / I 8309038
2. Trijayati / I 8309040
3. Wachid Arfani S / I 8309041
4. Wahyu Aji Triputro / I 8309042

Judul Tugas Akhir : Evaporator Tabung Horizontal Termodifikasi dengan
Proses *Batch*

Tanggal : Juli 2012

Dosen Pembimbing : Bregas ST Sembodo, S.T., M.T.

Surakarta, Juli 2012

Mengetahui,

Ketua Program Studi DIII Teknik Kimia



Bregas ST Sembodo, S.T., M.T.
NIP. 19711206 199903 1 002

Dosen Pembimbing

Bregas ST Sembodo, S.T., M.T.
NIP. 19711206 199903 1 002

Dosen Penguji I

Endang Kwartiningsih, S. T., M.T.
NIP. 19730306 199802 2 001

Dosen Penguji II

Ir. Arif Jumari M.Sc
NIP. 19650315 199702 1 001

LEMBAR KONSULTANSI
Tugas Akhir

Nama : 1. Shelly Aryani S. R (I8309038)
2. Trijayati (I8309040)
3. Wachid Arfani S. (I8309041)
4. Wahyu Aji Tripuro (I8309042)

Judul TA : Pembuatan Evaporator Pemekat Zat Warna Alami dari Kulit Kayu Mahoni

Tanggal Mulai Bimbingan :

Pembimbing : Bregas S.T Sembodo, S.T., M.T.

No.	Tanggal	Konsultasi	Paraf		Ket.
			Mhs	Dosen	
10	5 Juni 2012	Konsultasi laporan		Sh	
11	12 Juni 2012	Konsultasi laporan		Sh	
12	19 Juni 2012	Konsultasi laporan		Sh	
13	26 Juni 2012	Laporan Pembahasan		Sh	
14	27 Juni 2012	Laporan Pembahasan		Sh	
15	29 Juni 2012	Pembahasan		Sh	
16	5 Juli 2012	Pembahasan		Sh	
17	6 Juli 2012	Intisari Ace		Sh	

- Jumlah konsultasi dengan masing-masing pembimbing minimal sebanyak 8 kali untuk dapat dinyatakan selesai.

Dinyatakan selesai
Tanggal : 6 Juli 2012
Dosen Pembimbing


Bregas S.T Sembodo, S.T., M.T.
NIP. 19711206 199903 1 002

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul Evaporator Tabung Horizontal Termodifikasi dengan Proses *Batch*.

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Diploma III Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Dalam menyusun Laporan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan saran, bimbingan serta bantuan baik langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak. Untuk ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Bregas ST Sembodo, S.T., M.T. Selaku ketua Program Studi Diploma III Teknik Kimia Universitas Sebelas Maret Surakarta serta selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan dorongan dan pengarahan selama penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapak, ibu dan saudara-saudaraku tercinta.
3. Teman - teman Teknik Kimia Angkatan 2009 dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu pelaksanaan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk kesempurnaan laporan ini.

Akhir kata, semoga laporan ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak pada umumnya dan bagi penulis pada khususnya.

Surakarta, Juli 2012

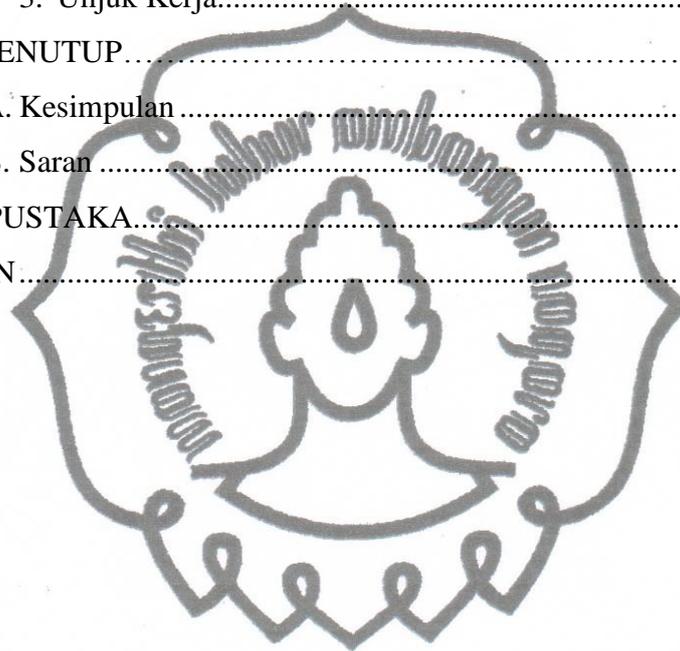
Penulis

commit to user

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR KONSULTASI.....	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
INTISARI.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Perumusan Masalah.....	2
C. Tujuan	3
D. Manfaat	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	4
A. Tinjauan Pustaka.....	4
1. Evaporasi.....	4
2. Macam-macam Evaporator.....	5
3. Kayu Mahoni.....	11
B. Kerangka Pemikiran.....	12
1. Proses Pembuatan Evaporator Tabung Horizontal Termodifikasi.....	12
2. Proses Pengerjaan.....	13
BAB III METODOLOGI.....	14
A. Alat dan Bahan.....	14
1. Rancangan Alat.....	14
2. Alat yang digunakan.....	15
3. Bahan yang digunakan.....	16
4. Spesifikasi Alat.....	16

B. Lokasi Pembuatan Alat.....	20
C. Cara Kerja.....	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22
A. Pengujian Alat.....	24
1. Perubahan Konsentrasi.....	24
2. Kebutuhan Panas.....	28
3. Unjuk Kerja.....	30
BAB V PENUTUP.....	32
A. Kesimpulan.....	32
B. Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA.....	33
LAMPIRAN.....	35



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1. Data Pengujian Larutan Standar untuk Menghitung Absorbansi....	25
Tabel 4.2. Data Hasil Percobaan Pengambilan Sampel setiap Interval Waktu 10 menit.....	26
Tabel 4.3. Data Hasil Percobaan Pengambilan Sampel setiap Interval Waktu 20 menit	27
Tabel 4.4. Hubungan antara Waktu (10 menit) dengan Panas Pembakaran (kJ)	29
Tabel 4.5. Hubungan antara Waktu (20 menit) dengan Panas Pembakaran (kJ)	30
Tabel 4.6. Hubungan antara Air yang Menguap dengan Efisiensi Evaporator	31

DAFTAR GAMBAR

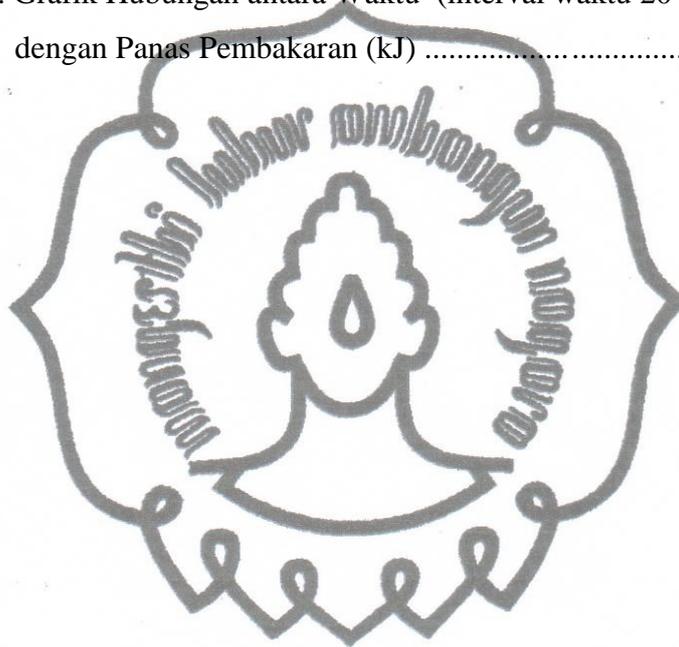
	Halaman
Gambar 2.1. Evaporator Tabung Horizontal	6
Gambar 2.2. Evaporator Satu Lintas	6
Gambar 2.3. Evaporator Sirkulasi	7
Gambar 2.4. Evaporator Sirkulasi Paksa dengan Pemanas Vertikal di dalam Tabung	8
Gambar 2.5. Evaporator Sirkulasi Paksa dengan Elemen Pemanas Horizontal	8
Gambar 2.6. Evaporator Vertikal Tabung Panjang	9
Gambar 2.7. Evaporator Film Turbulen.....	10
Gambar 2.8. Kayu Mahoni	11
Gambar 2.9. Diagram Alir Proses Pembuatan Evaporator Tabung Horizontal.....	13
Gambar 3.1. Rangkaian Evaporator <i>Shell and Tube</i> Tampak Samping.....	14
Gambar 3.2. Rangkaian Evaporator <i>Shell and Tube</i> Tampak Belakang	15
Gambar 3.4. Rangkaian Evaporator <i>Shell and Tube</i> 3 Dimensi	15
Gambar 3.5. Tangki Evaporator.....	16
Gambar 3.6. <i>Tube</i> Evaporator	17
Gambar 3.7. Pipa <i>inlet</i>	17
Gambar 3.8. Cerobong <i>Flue gas</i>	18
Gambar 3.9. Kran.....	18
Gambar 3.10. <i>Burner</i>	19
Gambar 3.11. Termometer	19
Gambar 3.12. Pengukur <i>Level</i>	20
Gambar 4.1. Rangkaian Evaporator Tampak Depan	23
Gambar 4.2. Rangkaian Evaporator Tampak Samping.....	24
Gambar 4.3. Rangkaian Evaporator Tampak Belakang.....	24
Gambar 4.4. Grafik Hubungan Absorbansi dengan Konsentrasi.....	26

Gambar 4.5. Grafik Hubungan antara Waktu (interval waktu 10 menit)
dengan Konsentrasi (gram/ml)..... 27

Gambar 4.6. Grafik Hubungan antara Waktu (interval waktu 20 menit)
dengan Konsentrasi (gram/ml)..... 28

Gambar 4.7. Grafik Hubungan antara Waktu (interval waktu 10 menit)
dengan Panas Pembakaran (kJ) 29

Gambar 4.8. Grafik Hubungan antara Waktu (interval waktu 20 menit)
dengan Panas Pembakaran (kJ) 30



INTISARI

Shelly Aryani Sukmaning Rahayu, Trijayati, Wachid Arfani Saktiarno, Wahyu Aji Triputro, 2012, "Laporan Tugas Akhir Evaporator Tabung Horizontal Termodifikasi dengan Proses Batch" Program Studi Diploma III Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta

Proses penggunaan zat warna alami dalam teknik pewarnaan batik ternyata sudah dilakukan oleh nenek moyang kita secara turun temurun, sampai ditemukan zat warna sintetis yang dipandang lebih praktis dan ekonomis. Meskipun demikian zat warna sintetis ternyata memiliki kelemahan yaitu membahayakan kesehatan dan lingkungan. Efek buruk yang ditimbulkan dari penggunaan zat warna sintetis menyebabkan zat warna alami mulai dipergunakan kembali. Penggunaan zat warna alami memiliki keuntungan lebih ramah lingkungan dan tidak mengandung zat-zat berbahaya yang dapat mengganggu kesehatan. Proses pemekatan zat warna alami dari kulit mahoni cukup rumit apabila dilakukan secara konvensional, sehingga diperlukan evaporator untuk mempermudah proses pemekatan. Pembuatan evaporator pada tugas akhir ini bertujuan untuk mendapatkan evaporator yang dapat bekerja secara optimal serta menentukan unjuk kerja evaporator.

Evaporator dibuat dari lembaran pelat *stainless steel* dengan tebal 0,04 cm, panjang 43 cm dan diameter 21 cm dengan volume 15 liter. Di bagian atas evaporator terdapat pipa *inlet* untuk memasukkan larutan zat warna kulit mahoni. Di dalam evaporator terdapat 6 pipa kecil (*tube*) dengan diameter 3/4 inchi yang berfungsi untuk mengalirkan gas panas (*flue gas*). Evaporator juga dilengkapi dengan pengukur *level* dan termometer. Untuk mengetahui unjuk kerja evaporator dilakukan analisa meliputi perubahan konsentrasi larutan, kebutuhan panas pembakaran dan kecepatan penguapan air.

Dari hasil percobaan dapat disimpulkan dengan konsentrasi larutan umpan berbeda-beda, kebutuhan panas untuk menguapkan air setiap interval waktu hampir sama. Unjuk kerja evaporator sebesar 51,08% dan 32,08% dengan kecepatan penguapan air sebesar 0,11 L/menit dan 0,09 L/menit untuk proses evaporasi selama 70 dan 110 menit. Unjuk kerja diperoleh dari perbandingan panas total dengan panas pembakaran LPG. Hasil perhitungan ini tidak dapat dibandingkan karena suplai LPG yang diatur melalui kran regulator tidak selalu sama setiap melakukan percobaan sehingga besarnya panas pembakaran yang diterima berbeda. Unjuk kerja evaporator ini tidak terlalu besar karena banyak panas yang terbuang. Hal ini disebabkan banyak *tube* yang tidak tergenang saat *level* larutan mulai berkurang dan *burner* yang tidak tertutup.

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam. Kondisi ini menuntut kita untuk dapat mengeksplorasi sumber daya alam secara benar. Salah satu sumber daya alam yang dapat digunakan dalam industri tekstil khususnya dalam proses pembuatan batik adalah zat pewarna alami. Proses penggunaan zat warna alami dalam teknik batik ternyata sudah dilakukan oleh nenek moyang kita secara turun temurun, sampai ditemukan warna sintetis yang dipandang praktis dan ekonomis. Meskipun demikian menurut (Hidayat dan Saat, 2006) zat warna sintetis juga mempunyai banyak kelemahan, antara lain sebagai berikut.

1. Limbah zat warna sintetis membahayakan kesehatan manusia, karena diduga zat warna sintetis mengandung zat karsinogenik yang dapat menyebabkan alergi kulit, bahkan dapat mengakibatkan kanker kulit.
2. Banyak ditemukan penyalahgunaan zat warna sintetis yang seharusnya digunakan untuk pewarna tekstil tetapi banyak digunakan sebagai zat pewarna makanan, karena dianggap lebih murah.

Dengan adanya bahaya penggunaan zat warna sintetis sekarang zat warna alami mulai dipergunakan kembali. Adapun beberapa keuntungan dari penggunaan zat warna alami adalah zat warna alami lebih ramah lingkungan, dapat diproduksi di dalam negeri, tidak berbahaya bagi kesehatan, warna yang diperoleh lebih beragam, kualitas warna yang dihasilkan zat warna alami tidak kalah dari zat warna sintetis dan bahan yang digunakan untuk membuat zat warna alami lebih mudah ditemukan.

Selain memiliki keuntungan-keuntungan seperti yang telah diungkapkan, zat warna alami juga memiliki kelemahan, yaitu proses pengolahannya memerlukan waktu cukup lama dan rumit. Sebagai contoh, tahapan proses pembuatan zat warna alami dari kayu umumnya meliputi sortasi bahan kayu, preparasi bahan kayu, ekstraksi dan perendaman,

penyaringan, pemekatan, powderisasi, sterilisasi dan pewadahan. Hal inilah yang menyulitkan masyarakat karena dianggap tidak praktis dan membutuhkan waktu yang lama. Dengan adanya masalah tersebut diperlukan solusi untuk mendapatkan zat warna alami yang lebih pekat, sehingga bisa langsung digunakan atau diolah lebih lanjut untuk dijadikan serbuk. Untuk mendapatkan zat warna alam pekat akan lebih sulit dari pada zat warna yang berbentuk encer. Hal ini dikarenakan zat warna alam pekat mempunyai kadar air yang rendah. (Widjaya, 2010)

Salah satu cara untuk mengurangi kadar air pada zat warna alami adalah dengan proses evaporasi. Evaporasi adalah suatu proses yang bertujuan memekatkan suatu larutan yang terdiri atas pelarut (*solvent*) yang *volatile* dan zat terlarut (*solute*) yang *non volatile*. Alat yang digunakan untuk proses evaporasi disebut evaporator. Evaporator sering digunakan pada industri saus dan gula. Pada umumnya evaporator menggunakan suhu dengan titik didih pelarut pada tekanan atmosferis. (Widjaya, 2010)

Pada percobaan ini bahan yang digunakan sebagai zat warna alami adalah kulit mahoni. Kayu mahoni merupakan jenis kayu yang banyak terdapat di Indonesia dan merupakan jenis kayu yang kuat sehingga banyak digunakan untuk bahan bangunan maupun industri mebel. Kulit mahoni mengandung tanin sehingga dapat digunakan untuk pewarna. Zat warna kulit mahoni memberikan warna coklat atau kecoklatan. (Wijaksana, 2008)

B. Perumusan Masalah

Proses pemekatan zat warna alami dari kulit mahoni cukup rumit apabila dilakukan secara konvensional, sehingga diperlukan suatu alat untuk mempermudah proses pemekatan. Berdasarkan masalah ini maka dilakukan percobaan sebagai berikut.

1. Perancangan evaporator yang sesuai untuk memekatkan zat warna alami dari kulit mahoni.
2. Unjuk kerja evaporator pemekat zat warna alami dari kulit mahoni yang akan dibuat.

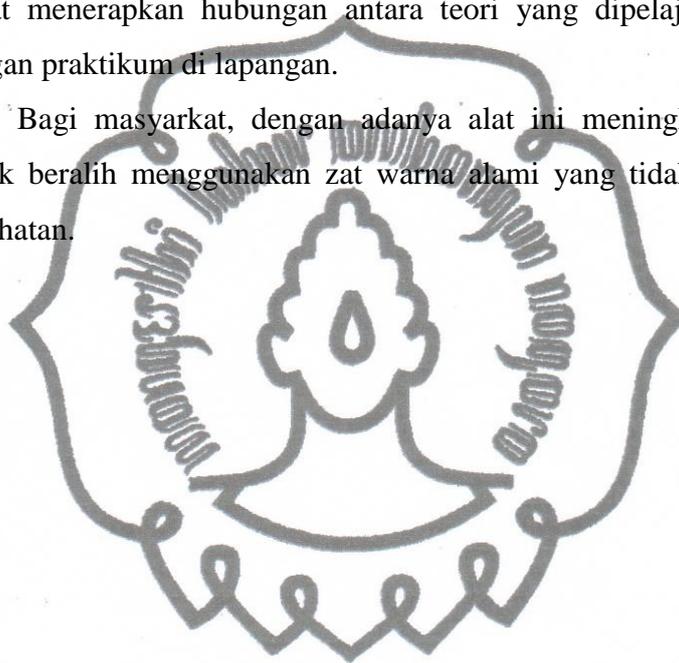
C. Tujuan

1. Mendapatkan evaporator yang dapat bekerja secara optimal.
2. Menentukan unjuk kerja evaporator yang telah dibuat.

D. Manfaat

Bagi mahasiswa, menambah wawasan dan pengalaman sehingga dapat menerapkan hubungan antara teori yang dipelajari dalam kuliah dengan praktikum di lapangan.

Bagi masyarakat, dengan adanya alat ini meningkatkan kesadaran untuk beralih menggunakan zat warna alami yang tidak membahayakan kesehatan.



BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

1. Evaporasi

Evaporasi adalah suatu proses yang bertujuan memekatkan suatu larutan yang terdiri atas pelarut (*solvent*) yang *volatile* dan zat terlarut (*solute*) yang *non volatile*. (Widjaja, 2010)

Dalam kebanyakan proses evaporasi, pelarutnya adalah air. Evaporasi dilakukan dengan menguapkan sebagian dari pelarut sehingga didapatkan larutan zat cair pekat yang konsentrasinya lebih tinggi. Evaporasi tidak sama dengan pengeringan. Dalam evaporasi sisa penguapan adalah zat cair yang sangat kental, bukan zat padat. Evaporasi berbeda pula dengan destilasi, karena uapnya adalah komponen tunggal. Evaporasi berbeda dengan kristalisasi, karena evaporasi digunakan untuk memekatkan larutan bukan untuk membuat zat padat atau kristal. (McCabe, dkk., 1993)

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses evaporasi menurut Haryanto dan Masyithah, (2006) antara lain.

a. Luas permukaan bidang kontak

Semakin luas permukaan bidang kontak antara cairan dengan pemanas, maka semakin banyak molekul air yang teruapkan, sehingga proses evaporasi akan semakin cepat.

b. Tekanan

Kenaikan tekanan sebanding dengan kenaikan titik didih. Tekanan bisa dibuat vakum untuk menurunkan titik didih cairan sehingga proses penguapan semakin cepat.

c. Karakteristik zat cair

1. Konsentrasi

Walaupun cairan yang diumpangkan ke dalam evaporator cukup encer sehingga beberapa sifat fisiknya sama dengan air, tetapi jika konsentrasinya meningkat, larutan itu akan semakin bersifat individual.

2. Pembentukan busa

Beberapa bahan tertentu, terutama zat-zat organik berbuisa pada waktu diuapkan. Buisa yang dihasilkan akan ikut ke luar evaporator bersama uap.

3. Kepekaan terhadap suhu

Beberapa bahan kimia, bahan kimia farmasi dan bahan makanan dapat rusak bila dipanaskan pada suhu tinggi dalam waktu yang lama. Dalam mengatur konsentrasi bahan-bahan seperti itu maka diperlukan teknik khusus untuk menurunkan suhu zat cair dan mengurangi waktu pemanasan.

4. Kerak

Beberapa larutan tertentu menyebabkan pembentukan kerak pada permukaan pemanasan. Hal ini menyebabkan koefisien menyeluruh semakin lama semakin berkurang.

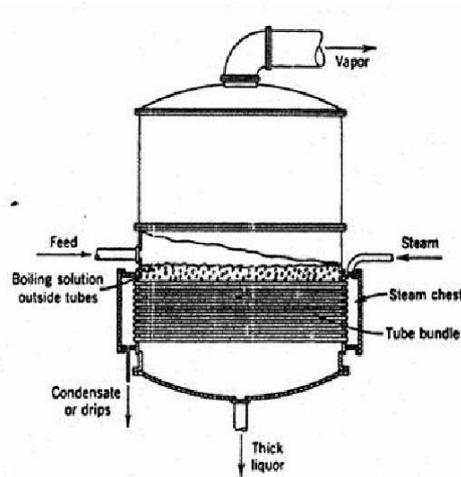
2. Macam – macam Evaporator

Menurut Kern, (1983) ada 6 jenis evaporator, antara lain sebagai berikut.

a. Evaporator Tabung-Horizontal

Evaporator tabung-horizantal, sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 2.1, merupakan evaporator jenis klasik yang telah lama digunakan. Larutan yang akan dievaporasikan berada diluar tabung horizantal dan uap mengalir di dalam tabung horizantal. Tabung horizantal diliputi dan dikelilingi oleh sirkulasi alami dari cairan yang mendidih, sehingga meminimumkan pengadukan cairan. Sebagai hasilnya evaporator jenis ini mempunyai koefisien perpindahan panas keseluruhan yang lebih rendah dibanding pada evaporator jenis lain, ini bermanfaat khususnya untuk

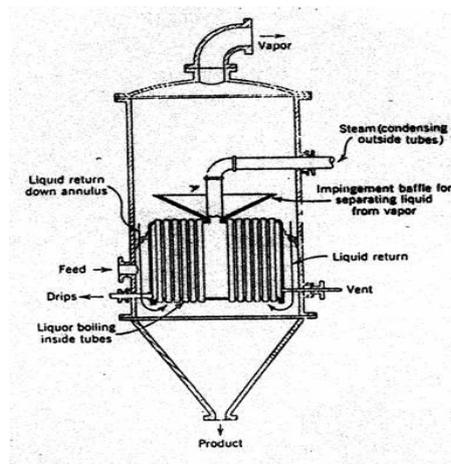
mengevaporasikan larutan yang viskos.



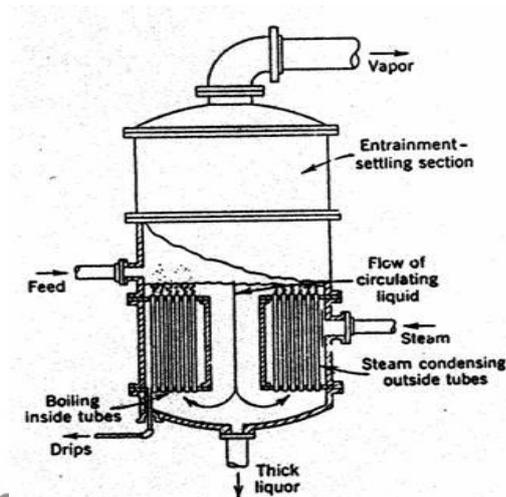
Gambar 2.1. Evaporator Tabung Horizontal

b. Evaporator Satu Lintas dan Evaporator Sirkulasi

Evaporator dapat dioperasikan sebagai unit satu lintas atau sebagai unit sirkulasi. Evaporator satu lintas dan evaporator sirkulasi ditunjukkan pada gambar 2.2 dan gambar 2.3 secara berurutan. Pada kedua evaporator ini larutan mendidih di dalam tabung vertikal dan media pemanas di luar tabung vertikal dan media pemanas yang digunakan berupa uap yang terkondensasi. Pada evaporator satu lintas, cairan umpan dilewatkan melalui tabung satu kali lewat saja.



Gambar 2.2. Evaporator Satu Lintas



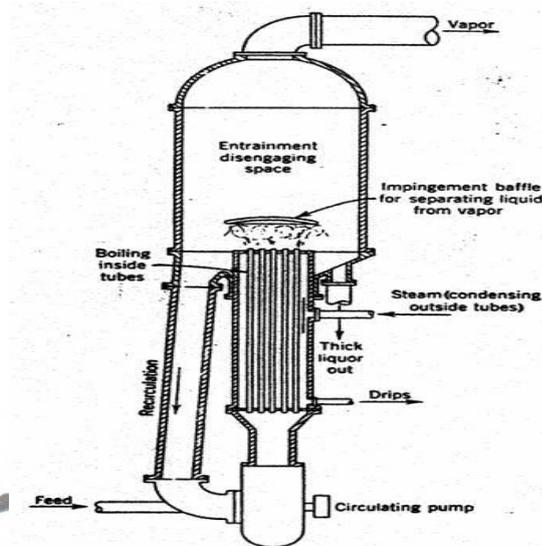
Gambar 2.3. Evaporator Sirkulas

Pada evaporator sirkulasi (*circulation evaporator*) terdapat suatu kolam zat cair di dalam alat. Umpan masuk akan bercampur dengan zat cair di dalam kolam dan campuran itu dialirkan melalui tabung-tabung evaporator. Zat cair yang tidak menguap dikeluarkan dari tabung dan kembali ke kolam, sehingga hanya sebagian saja dari keseluruhan evaporasi yang berlangsung dalam satu lewatan.

Evaporator sirkulasi tidak terlalu cocok untuk memekatkan zat cair yang peka terhadap panas, namun evaporator ini dapat beroperasi dengan jangkauan konsentrasi yang cukup luas.

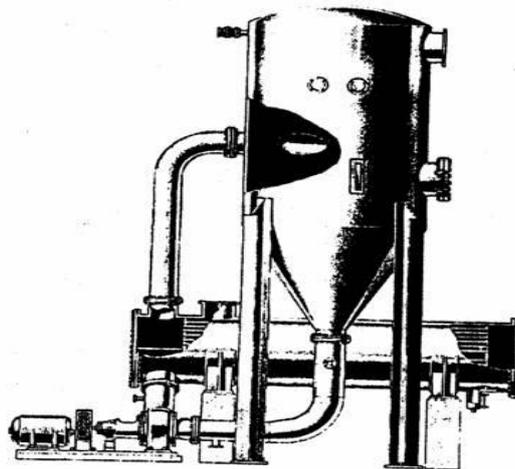
c. Evaporator Sirkulasi Paksa

Evaporator sirkulasi paksa mempunyai bentuk seperti ditunjukkan pada gambar 2.4 dan gambar 2.5. Gambar 2.4 merupakan evaporator sirkulasi paksa dengan elemen pemanas tersusun vertikal yang berada di dalam tabung. Cairan yang akan dievaporasikan dipompakan melewati penukar panas (*heat exchanger*), dimana media pemanas mengelilingi pipa-pipa yang membawa cairan yang akan dievaporasikan.



Gambar 2.4. Evaporator Sirkulasi Paksa dengan Pemanas Vertikal di dalam Tabung

Gambar 2.5 merupakan evaporator sirkulasi paksa dengan elemen pemanas tersusun horizontal dan terletak terpisah dengan tabung. Pada evaporator dengan pemanasan luar, pendidihan dapat dicegah dengan meletakkan pemanas pada posisi yang lebih rendah dibandingkan letak ruang pemanasan.

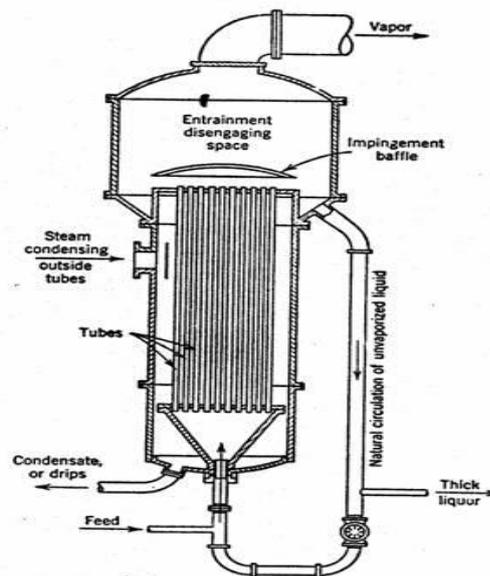


Gambar 2.5. Evaporator Sirkulasi Paksa dengan Elemen Pemanas Horizontal

d. Evaporator Vertikal Tabung Panjang

Contoh evaporator vertikal tabung panjang dengan aliran zat cair ke atas terlihat pada gambar 2.6. Bagian-bagian utama evaporator jenis ialah, sebuah penukar panas jenis tabung dengan uap dalam selongsong, zat cair yang akan dipekatkan di dalam pipa/tabung, sebuah separator atau ruang uap (*vapour space*) untuk memisahkan zat cair yang terbawa uap.

Umpan encer dengan suhu disekitar suhu kamar, masuk ke dalam sistem dan bercampurdengan zat cair yang kembali dari separator. Umpan mengalir ke atas tabung sebagai zat cair sambil menerima kalor dari uap. Di dalam zat cair terbentuk gelembung-gelembung. Di dekat ujung tabung gelembung bertambah besar. Pada zona ini gelembung uap berganti-ganti dengan zat cair dan keluar dengan kecepatan tinggi dari ujung atas tabung. Dari tabung, campuran zat cair selanjutnya masuk ke dalam separator.



Gambar 2.6. Evaporator Vertikal Tabung Panjang

e. Evaporator Film Jatuh

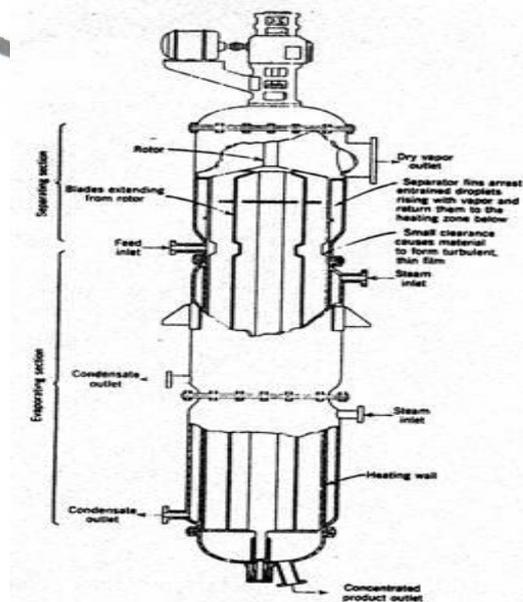
Masalah pemekatan bahan-bahan yang sangat peka terhadap panas, dapat diatasi dengan evaporator film jatuh. Pada evaporator film-jatuh satu lintas, zat cair masuk dari atas, lalu mengalir ke bawah tabung dalam bentuk film, kemudian keluar dari bawah. Uap yang keluar dari zat cair itu biasanya

terbawa turun bersama zat cair, dan keluar dari bagian bawah. Evaporator dilengkapi dengan separator zat cair uap di bawah, dan distributor/penyebar zat cair di atas.

f. Evaporator Film Turbulen

Evaporator film-turbulen yang ditunjukkan pada gambar 2.7 yang bertujuan untuk menangani bahayang viskos, peka, dan korosif. Cara meningkatkan turbulensi dengan pengadukan mekanik terhadap film zat cair itu. Umpan masuk dari puncak bagian bermantel dan disebarakan menjadi film tipis yang sangat turbulen, dengan bantuan daun-daun vertikal agitator (pengaduk).

Di dalam separator, zat cair yang terbawa ikut dilemparkan ke arah luar oleh daun-daun agitator, sehingga menumbuk plat-plat vertikal yang stasioner. Tetesan-tetesan itu bergabung (koalesensi) pada plat dan kembali ke bagian evaporasi. Uap bebas zat cair lalu keluar melalui lubang pada bagian atas.



Gambar 2.7. Evaporator Film Turbulen

3. Kayu Mahoni

Mahoni (*Swietenia macrophylla*) merupakan salah satu salah satu dari tanaman yang dijadikan penelitian mengenai kandungan zat warna yang terkandung dalam kulitnya. Mahoni termasuk pohon besar dengan tinggi pohon mencapai 35-40 m dan diameter mencapai 125 cm. Batang lurus berbentuk silindris dan tidak berbanir. Mahoni dapat ditemukan tumbuh liar di hutan jati dan tempat-tempat lain yang dekat dengan pantai, atau ditanam di tepi jalan sebagai pohon pelindung. Tanaman yang asalnya dari Hindia Barat ini, dapat tumbuh subur bila tumbuh di pasir payau dekat dengan pantai. Kulit mahoni dapat dimanfaatkan sebagai pengganti pewarna sintetis. Zat warna alami pada kulit mahoni dapat digunakan sebagai zat pewarna batik dengan warna merah muda atau merah kecoklatan. (Herawati, 2005)

Tanaman mahoni tersusun dalam sistematika sebagai berikut.
(Wijaksana, 2008)

Divisi	: <i>Magnoliophyta</i> (tumbuhan berbunga)
Sub divisi	: <i>Spermatophyta</i> (menghasilkan biji)
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i> (berkeping dua)
Sub kelas	: <i>Rosidae</i>
Ordo	: <i>Sapindales</i>
Famili	: <i>Meliaceae</i>
Genus	: <i>Swietenia</i>
Spesies	: <i>Swietenia mahagoni</i>



Gambar 2.8. Kayu Mahoni
commit to user

Dari percobaan Kismolo, dkk, (2003) tentang proses ekstraksi bahan pewarna alam dari limbah serbuk mahoni diperoleh data sebagai berikut.

1. Variasi berat limbah serbuk mahoni, suhu dan waktu ekstraksi berpengaruh terhadap berat serbuk pewarna yang dihasilkan, terbanyak pada waktu ekstraksi 90 menit sebesar 3,3185 gram dan variasi suhu ekstraksi serbuk pewarna terbanyak dihasilkan pada suhu 60 °C sebesar 3,3394 gram
2. Serbuk pewarna yang dihasilkan cenderung naik, dengan naiknya suhu, sedangkan variasi berat limbah serbuk mahoni menghasilkan serbuk pewarna terbanyak untuk berat serbuk kayu mahoni 400 gram dan serbuk pewarna yang dihasilkan sebesar 9,2597 gram
3. Serbuk pewarna yang dihasilkan akan optimal apabila perbandingan limbah kayu mahoni dengan pelarutnya adalah 1:10

Suhu optimal dalam proses ekstraksi dan evaporasi zat warna alam berbeda-beda antara bahan yang satu dengan bahan yang lainnya. Dari percobaan Patria, dkk, (2011) suhu optimal pada proses evaporasi zat warna alam dari biji kesumba adalah 70 °C. Menurut Khoiruddin dan Samsudin, (2005) suhu optimal untuk ekstraksi zat warna alam dari kulit manggis adalah 90 °C. Marwati, dkk, (2012) mengatakan suhu untuk ekstraksi zat warna dari kayu secang adalah 60 °C. Ekstraksi zat warna kulit mahoni dipanaskan sampai suhu 100 °C selama satu jam (Sulasminingsih, 2006).

B. Kerangka Pemikiran

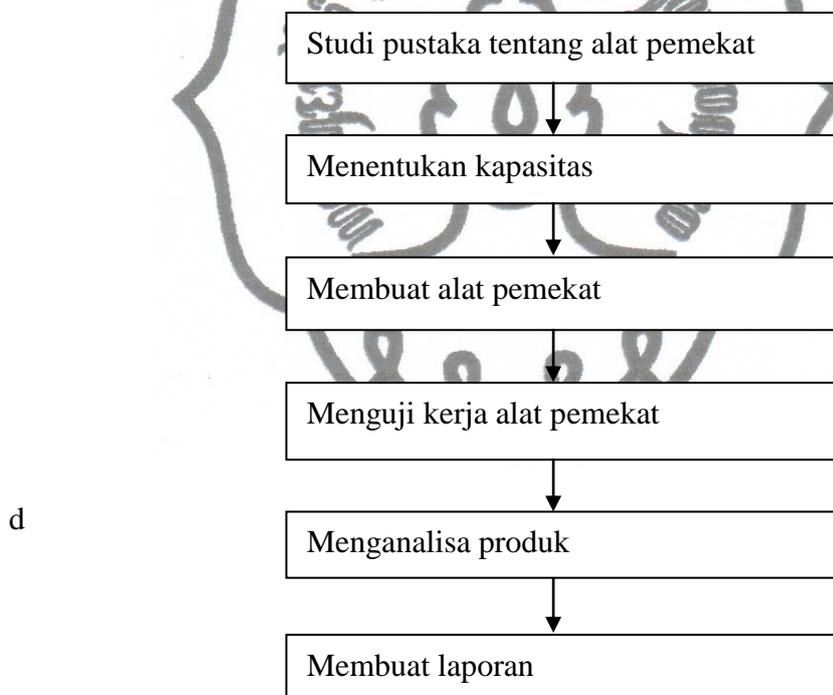
1. Proses Pembuatan Evaporator Tabung Horizontal Termodifikasi dengan Proses *Batch* untuk Memekatkan Zat Warna Alami dari Kulit Mahoni

Bahan yang akan dipekatkan adalah ekstrak zat warna yang berasal dari kulit mahoni dengan pelarut air. Metode yang dipakai adalah pemekatan dengan menggunakan evaporator yang merupakan modifikasi dari evaporator tabung horizontal dengan sistem *batch*. Evaporator jenis ini sering digunakan untuk operasi dengan kapasitas kecil karena mudah pengoperasiannya. Cara kerja evaporator ini adalah dengan cara mengontakkan larutan yang berada didalam

tabung (*shell*) dengan aliran gas panas yang mengalir dalam *tube*. Gas panas berasal dari api *furnace* dan menggunakan bahan bakar LPG.

Alat yang digunakan adalah tangki berbentuk silinder yang terbuat dari *stainless steel* dan didalamnya terdapat pipa-pipa kecil (*tube*). Di bagian samping tangki terdapat termometer agar dapat mengetahui suhu larutan selama proses evaporasi berlangsung, terdapat pula alat pengukur *level* untuk mengetahui tinggi cairan yang ada didalam tangki. Bahan *stainless steel* dipilih karena bahan tersebut tahan panas, tahan korosi dan kuat.

2. Proses Pengerjaan



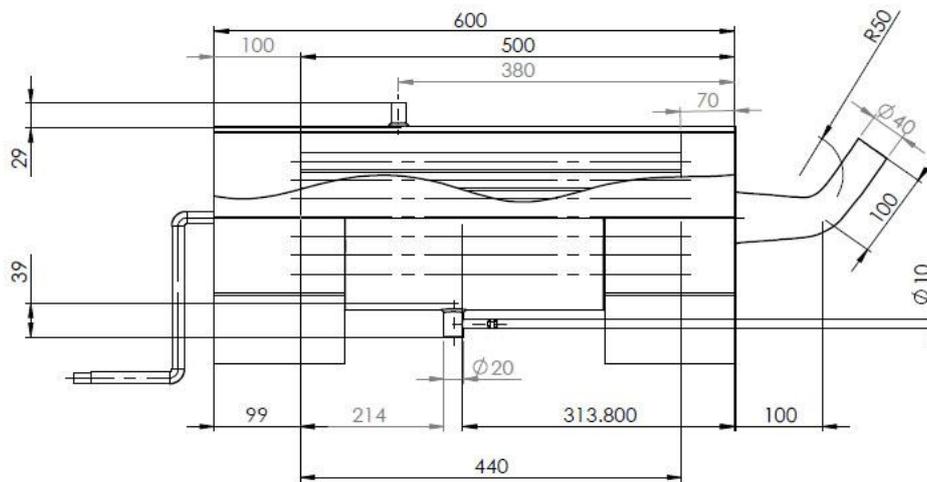
Gambar 2.9. Diagram Proses Pembuatan Evaporator Tabung Horizontal Termodifikasi dengan Proses *Batch*

BAB III METODOLOGI

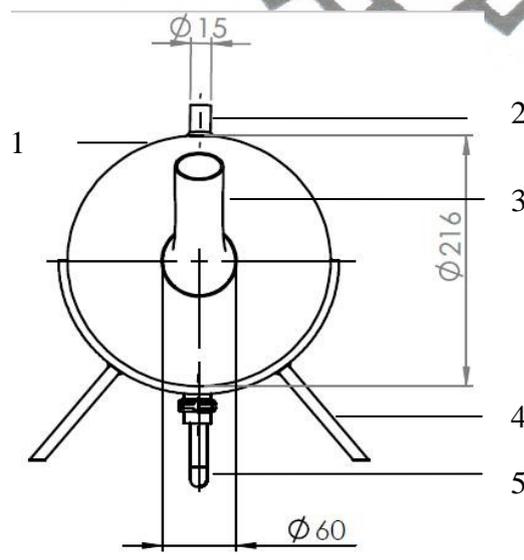
A. Alat dan Bahan

1. Rancangan Alat

Rancangan evaporator *shell and tube*



Gambar 3.1. Rangkaian Evaporator *Shell and Tube* Tampak Samping

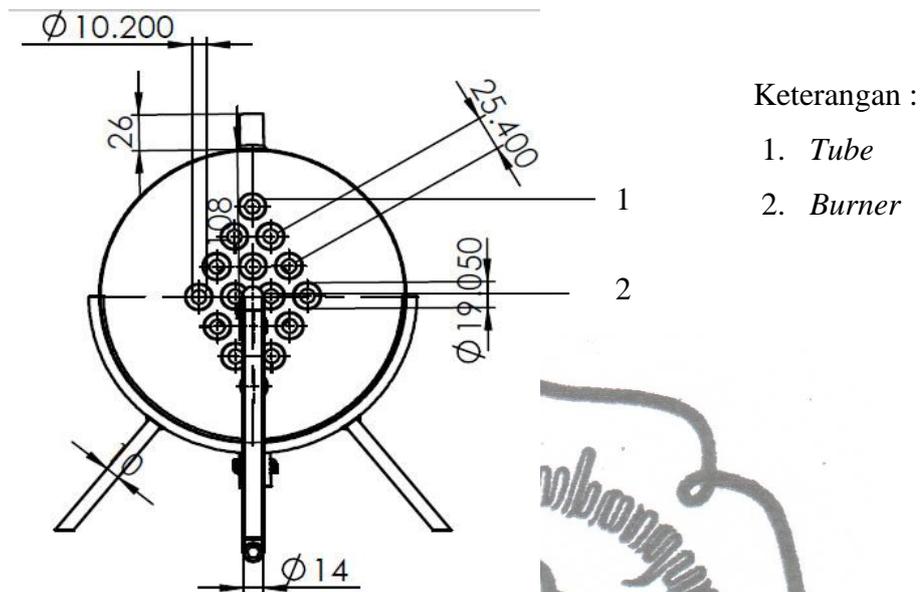


Keterangan :

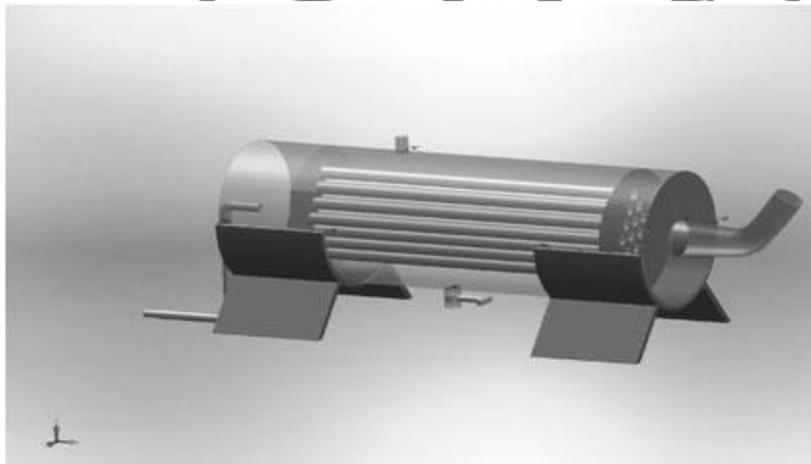
1. Tangki evaporator
2. Pipa inlet
3. Cerobong *flue gas*
4. Penyangga
5. Kran

Gambar 3.2. Rangkaian Evaporator *Shell and Tube* Tampak Depan

commit to user



Gambar 3.3. Rangkaian Evaporator *Shell and Tube* Tampak Belakang



Gambar 3.4. Rangkaian Evaporator *Shell and Tube* 3 Dimensi

2. Alat yang digunakan

- | | |
|---------------------|----------------------------|
| a. Kunci pas | i. Meteran |
| b. Kunci inggris | j. Obeng |
| c. Gergaji besi | k. Jangka sorong |
| d. Alat potong plat | l. Las argon |
| e. Tang | m. Bor besi |
| f. Grinder | n. Termometer (0 – 400) °C |

commit to use

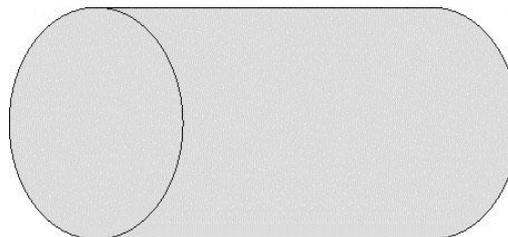
- g. Alat patri
- h. Palu
- o. Stop kran air (1/2 inchi)

3. Bahan yang digunakan

- a. Plat *stainless steel* 0,4 mm
- b. Isolator transistor
- c. Regulator Gas
- d. Lem plasti steel
- e. Mur dan baut
- f. Tabung Gas

4. Spesifikasi Alat

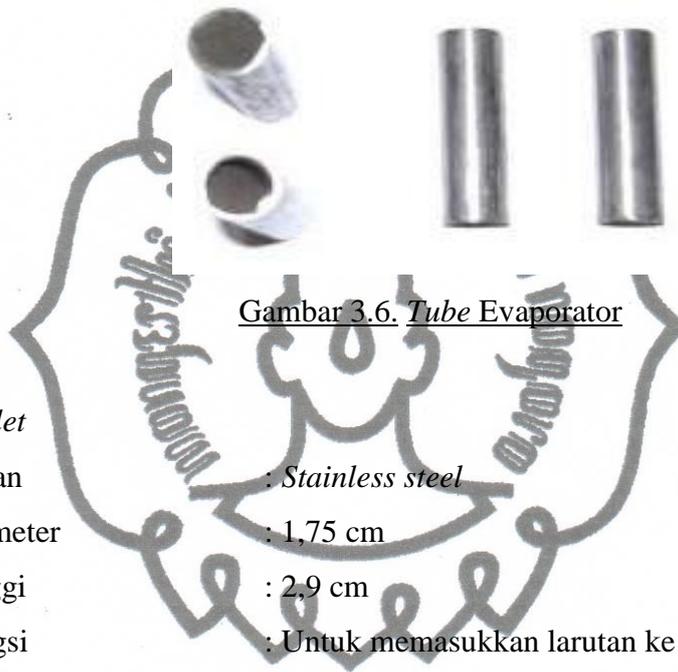
- a. Tangki Evaporator
 - Tipe : Horizontal *shell and tube*
 - Tebal : 0,4 mm
 - Bahan : *Stainless steel*
 - Kapasitas : 15 L
 - Panjang : 43 cm
 - Diameter : 21 cm
 - Fungsi : Tempat pemekatan zat warna alami



Gambar 3.5. Tangki Evaporator

b. *Tube*

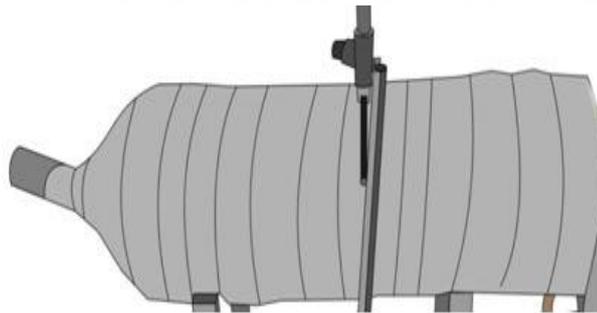
- Bahan : *Stainless steel*
- Panjang : 43 cm
- Diameter : 1/2 inchi
- Jumlah : 16 *tube*
- Fungsi : Tempat transfer panas



Gambar 3.6. Tube Evaporator

c. *Pipa inlet*

- Bahan : *Stainless steel*
- Diameter : 1,75 cm
- Tinggi : 2,9 cm
- Fungsi : Untuk memasukkan larutan ke dalam evaporator

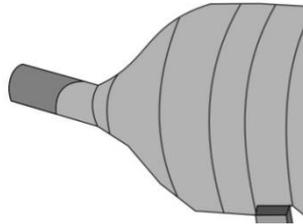


Gambar 3.7. Pipa Inlet

d. *Cerobong Flue Gas*

- Bahan : Galvanis
- Diameter : 4 cm
- Panjang : 10 cm

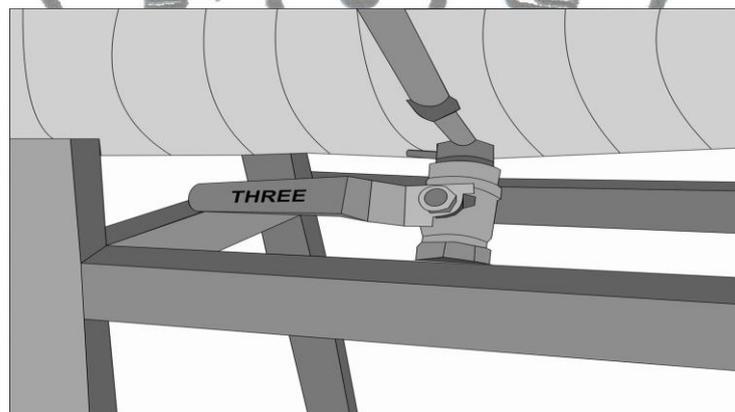
- Fungsi : Sebagai tempat keluarnya gas hasil pembakaran



Gambar 3.8. Cerobong *Flue Gas*

e. Kran

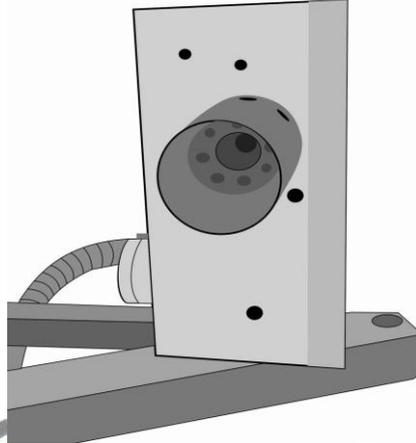
- Bahan : Kuningan
- Fungsi : Untuk tempat keluarnya larutan setelah proses evaporasi



Gambar 3.9. Kran

f. *Burner*

- Bahan : *Stainless steel*
- Diameter : 4,75 cm
- Panjang : 7 cm
- Fungsi : Untuk pemanas
-



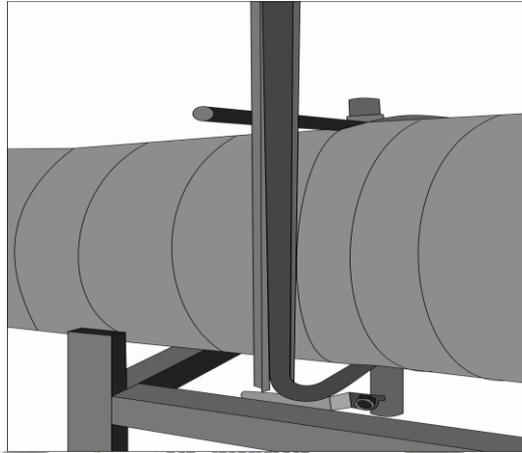
Gambar 3.10. Burner

- g. Termometer
- Bentuk : Bulat
 - Diameter : 7 cm
 - Skala : (0 – 400) °C
 - Bahan : Tembaga
 - Fungsi : Untuk mengetahui suhu larutan selama proses berlangsung



Gambar 3.11. Termometer

- h. *Level*
- Bahan : Plastik
 - Skala : 1 - 12 liter
 - Fungsi : Untuk mengetahui tinggi larutan di dalam tangki
 -



Gambar 3.12. Pengukur *Level*

B. Lokasi

1. Lokasi Pembuatan

Pembuatan evaporator *shell and tube* ini dikerjakan oleh bengkel Rwin yang beralamat di Jl. Jambu 17 Jajar, Laweyan, Solo.

2. Lokasi Percobaan

Pengujian alat dilakukan di Laboratorium Aplikasi Teknik Kimia Universitas Sebelas Maret.

C. Cara Kerja

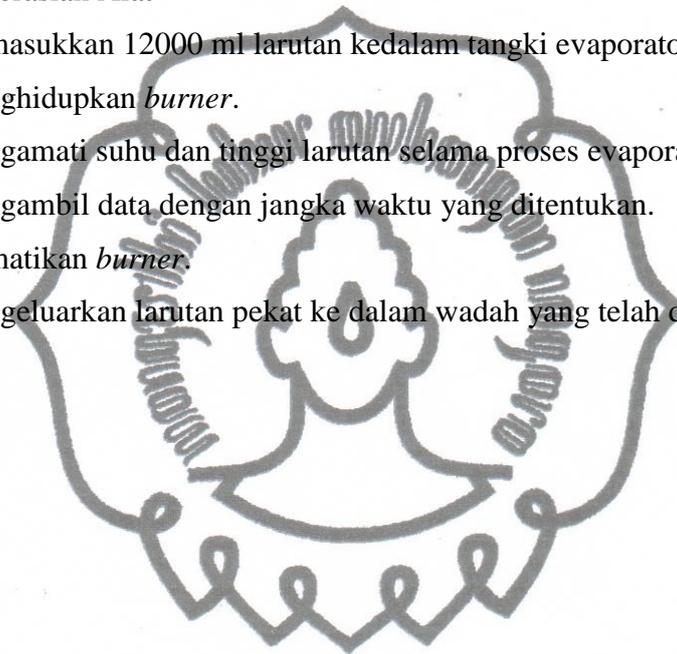
1. Pembuatan Tangki Evaporator

- Mendesain ukuran tangki dengan volume 15 liter.
- Menentukan diameter dan tinggi tangki.
- Menentukan letak termometer, alat pengukur *level* dan *furnace*.
- Menentukan letak kran pengeluaran larutan.
- Pembuatan cerobong tempat pengeluaran *flue gas*.

2. Merangkai Alat

- Memasang *burner* pada bagian samping tangki.
- Memasang termometer dan alat pengukur *level*.
- Memasang kran air 1/2 inchi pada bagian bawah tangki.
- Memasang tangki pada rangka alat yang telah disediakan.

3. Alat siap dioperasikan.
4. Prosedur pembuatan larutan kulit mahoni:
 - a. Menimbang kulit mahoni sebanyak 900, 1000 dan 1100 gram.
 - b. Mengekstrak kulit mahoni menggunakan 15000 ml air.
 - c. Memanaskan sampai mendidih.
 - d. Menyaring larutan kulit mahoni.
5. Pengoperasian Alat
 - a. Memasukkan 12000 ml larutan kedalam tangki evaporator.
 - b. Menghidupkan *burner*.
 - c. Mengamati suhu dan tinggi larutan selama proses evaporasi berlangsung.
 - d. Mengambil data dengan jangka waktu yang ditentukan.
 - e. Mematikan *burner*.
 - f. Mengeluarkan larutan pekat ke dalam wadah yang telah disediakan.



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaporator dibuat dari lembaran pelat *stainless steel* dengan tebal 0,4 mm dalam skala laboratorium. Di bagian atas evaporator terdapat pipa *inlet* untuk memasukkan larutan zat warna kulit mahoni. Di dalam evaporator terdapat 16 pipa kecil (*tube*) dengan diameter 1/2 inchi yang berfungsi untuk mengalirkan gas panas (*flue gas*). Gas panas dihasilkan dari *burner* yang berada di ujung tangki. Evaporator ini juga dilengkapi dengan termometer dan pengukur *level*. Untuk mengurangi panas yang hilang ke lingkungan tangki evaporator dilapisi isolator.

Besar kecilnya api dapat diatur melalui kran regulator LPG. Api yang dihasilkan *burner* akan menjadi gas panas (*flue gas*) ketika melewati pipa-pipa kecil (*tube*). Gas sisa hasil pembakaran dikeluarkan melalui cerobong. Selama proses evaporasi dilakukan pemantauan suhu melalui termometer yang terpasang pada evaporator. Ketinggian larutan di dalam tangki evaporator juga harus diamati melalui pengukur *level*.

Evaporator ini merupakan modifikasi dari evaporator tabung horizontal. Adapun perbedaan dari evaporator yang telah dibuat dengan evaporator horizontal adalah evaporator tabung horizontal memiliki *shell* yang berbentuk vertikal sedangkan *shell* pada evaporator yang dibuat pada tugas akhir ini berbentuk horizontal. Selain itu pengoperasian evaporator ini adalah secara *batch*.

Pengoperasian evaporator hasil modifikasi ini adalah sebagai berikut. Mula-mula larutan umpan sebanyak 12 liter dimasukkan melalui pipa *inlet* di bagian atas. Api dinyalakan dengan cara membuka kran LPG kemudian menyulutkan api dan mengarahkan pada *tube* evaporator. Selama proses evaporasi dilakukan pengamatan terhadap perubahan suhu dan *level*.

Peguajian alat evaporato ini dilakukan dengan cara mengambil sampel setiap interval waktu 10 menit dan 20 menit selama 70 menit dan 110 menit untuk mengetahui perubahan konsentrasi dan kebutuhan panas. Setelah proses evaporasi berakhir, dilakukan pengukuran volume larutan yang tersisa pada evaporator.

commit to user

Suhu larutan awal sebesar 30 °C dan suhu larutan akhir sebesar 100 °C. Kenaikan suhu larutan karena mendapatkan panas dari *tube* yang dialiri gas yang berasal dari pembakaran LPG yang berupa panas *sensibel*.

Kelebihan evaporator yaitu pengoperasiannya mudah dan *burner* mampu menghasilkan api dengan suhu tinggi, sehingga pelarut akan lebih cepat menguap. Evaporator ini juga mempunyai kekurangan, yaitu efisiensi alat yang tidak terlalu besar karena terlalu banyak panas yang terbuang. Hal ini disebabkan banyaknya *tube* yang tidak tergenang saat *level* larutan mulai berkurang dan *burner* yang tidak tertutup. Besarnya panas yang diterima larutan tidak selalu sama karena pembukaan kran regulator dan jarak *burner* dengan *tube* yang tidak tetap ketika melakukan percobaan.



Gambar 4.1. Rangkaian Evaporator Tampak Depan



Gambar 4.2. Rangkaian Evaporator Tampak Samping



Gambar 4.3. Rangkaian Evaporator Tampak Belakang

Dari pengujian evaporator yang telah dilakukan, evaporator dapat bekerja sesuai dengan harapan dan dapat memekatkan larutan zat warna alami dari kayu mahoni. Air yang digunakan sebagai pelarut kulit mahoni dapat menyebabkan korosi, tetapi tangki evaporator terbuat dari *stainless steel* yang memiliki ketahanan terhadap korosi, sehingga tidak terjadi korosi pada tangki.

A. Pengujian Alat

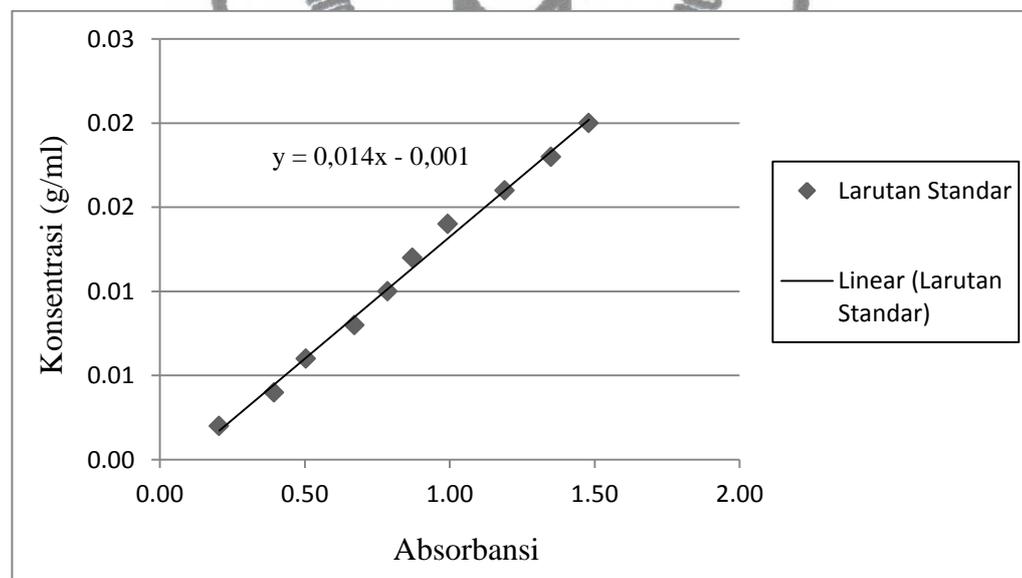
Dari pengujian evaporator, larutan zat warna kulit mahoni dibuat dengan variasi berat 900, 1100 dan 1100 gram dalam 15000 ml air. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui :

1. Perubahan Konsentrasi

Untuk mengetahui konsentrasi larutan hasil evaporasi dilakukan langkah pendahuluan, yaitu dengan membuat larutan standar yang telah ditentukan konsentrasinya dan kemudian diukur absorbansinya. Data hasil pengujian larutan standar sebagai berikut.

Tabel 4.1. Data Pengujian Larutan Standar untuk Menghitung Absorbansi

No.	Konsentrasi (gram/ml)	Absorbansi
1.	0,0025	0,205
2.	0,0053	0,394
3.	0,0079	0,504
4.	0,01	0,672
5.	0,013	0,786
6.	0,015	0,872
7.	0,017	0,994
8.	0,02	1,19
9.	0,024	1,35
10.	0,025	1,48



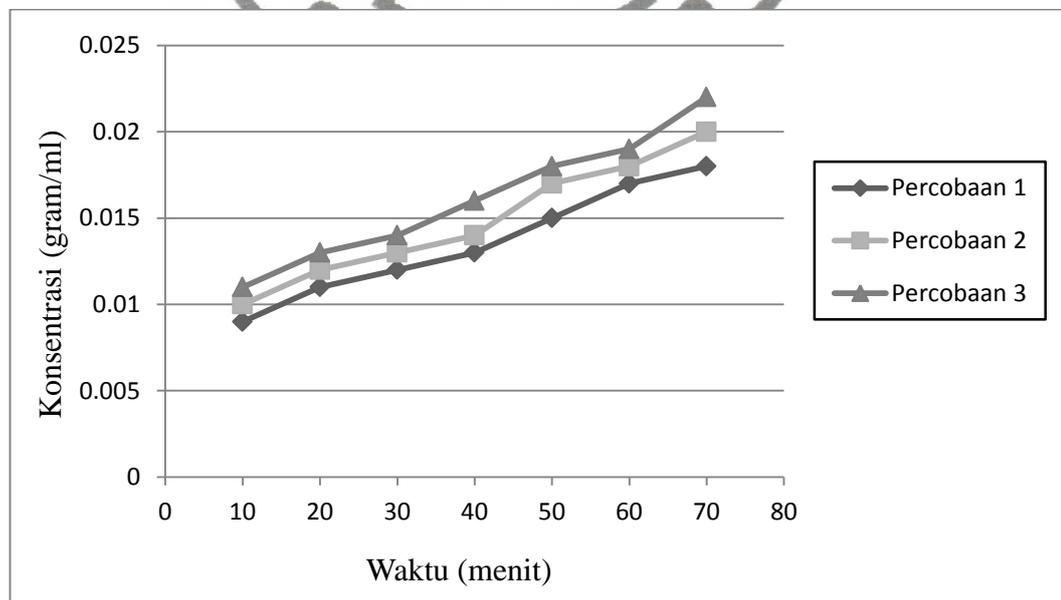
Gambar 4.4. Grafik Hubungan antara Absorbansi dengan Konsentrasi (gram/ml)

Pada tabel 4.1 data absorbansi diperoleh dari pengukuran konsentrasi larutan standar menggunakan spektrofotometer Uv–Vis, dengan $\lambda = 484,5$ nm. Data yang didapat dari pengukuran kemudian dibuat grafik hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi yang menghasilkan persamaan $y = 0,014 x - 0,001$. Persamaan ini digunakan untuk menghitung konsentrasi larutan hasil evaporasi dengan

interval waktu 10 menit dan 20 menit dengan konsentrasi awal masing-masing 0,0075, 0,0082 dan 0,0093 gram/ml. Data yang diperoleh sebagai berikut.

Tabel 4.2. Data Hasil Percobaan Pengambilan Sampel setiap Interval Waktu 10 menit

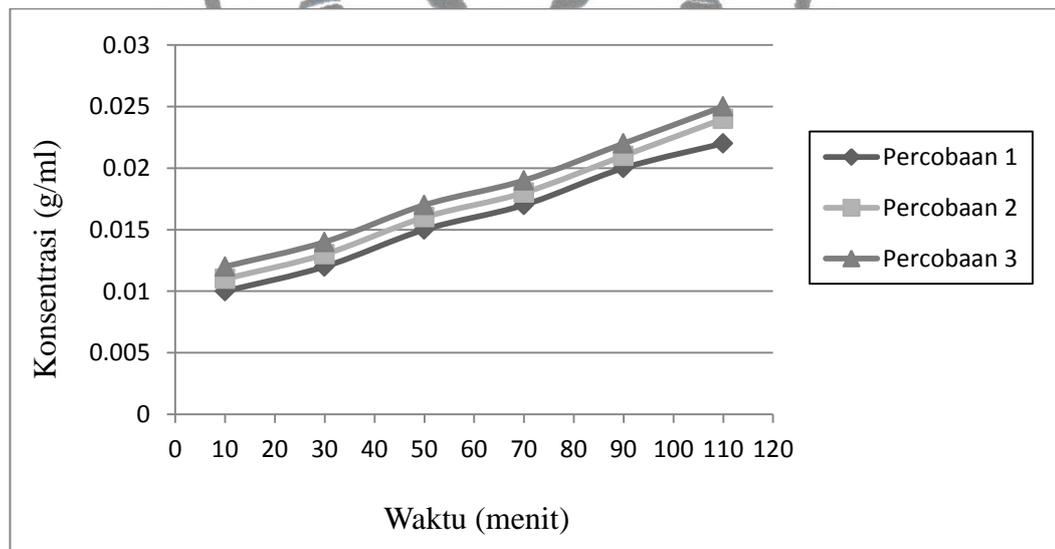
No.	Waktu (menit)	Percobaan 1 Konsentrasi 0,0075 (gram/ml)	Percobaan 2 Konsentrasi 0,0083 (gram/ml)	Percobaan 3 Konsentrasi 0,0093 (gram/ml)
1.	10	0,009	0,010	0,011
2.	20	0,011	0,012	0,013
3.	30	0,012	0,013	0,014
4.	40	0,013	0,014	0,016
5.	50	0,015	0,017	0,018
6.	60	0,017	0,018	0,019
7.	70	0,018	0,020	0,022



Gambar 4.5. Grafik Hubungan antara Waktu (interval waktu 10 menit) dengan Konsentrasi (gram/ml)

Tabel 4.3. Data Hasil Percobaan Pengambilan Sampel setiap Interval Waktu 20 menit

No.	Waktu (menit)	Percobaan 1 Konsentrasi 0,0075 (gram/ml)	Percobaan 2 Konsentrasi 0,0082 (gram/ml)	Percobaan 3 Konsentrasi 0,0093 (gram/ml)
1.	10	0,010	0,011	0,012
2.	30	0,012	0,013	0,014
3.	50	0,015	0,016	0,017
4.	70	0,017	0,018	0,019
5.	90	0,020	0,021	0,022
6.	110	0,022	0,024	0,025



Gambar 4.6. Grafik Hubungan Waktu (interval waktu 20 menit) dengan Konsentrasi (gram/ml)

Dari perhitungan konsentrasi larutan hasil evaporasi yang disajikan dalam tabel 4.1 dan 4.2, membuktikan bahwa semakin lama waktu yang diperlukan untuk memekatkan zat warna, semakin besar konsentrasi yang didapat. Hal ini dikarenakan air yang terkandung di dalam zat warna menguap, sehingga kandungan air di dalam zat warna berkurang. Dari hasil perhitungan konsentrasi

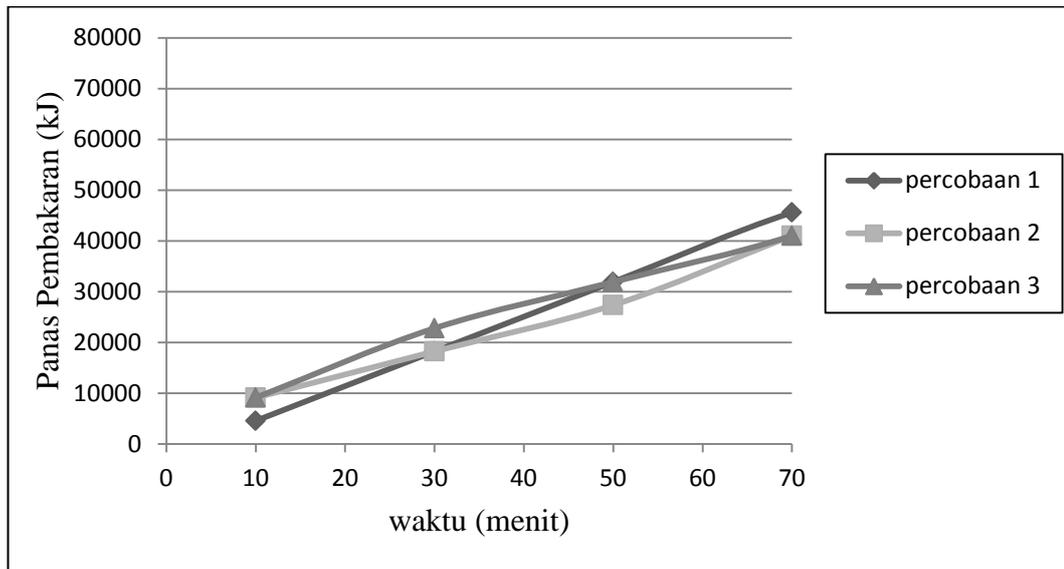
naik rata-rata 0,032 dan 0,053 gram/ml dengan proses evaporasi selama 70 dan 110 menit. Perubahan konsentrasi larutan zat warna hasil evaporasi juga disajikan dalam gambar 4.5 dan 4.6, yaitu berupa grafik hubungan waktu dengan konsentrasi. Melalui grafik 4.5 dan 4.6 terlihat pola perubahan konsentrasi zat warna setiap interval waktu hampir sama.

2. Kebutuhan Panas

Untuk memekatkan zat warnadiperlukan panas. Panas pembakaran diperoleh dengan cara menghitung massa gas LPG yang dibutuhkan selama proses evaporasi, kemudian dikali dengan *heating value* gas LPG dengan komposisi propana (30%) dan butana (70%). Hasil dari perhitungan panas pembakaran yang dibutuhkan selama proses evaporasi pada interval waktu 10 menit dan 20 menit adalah sebagai berikut.

Tabel 4.4. Hubungan antara Waktu (10 menit) dengan Panas Pembakaran (kJ)

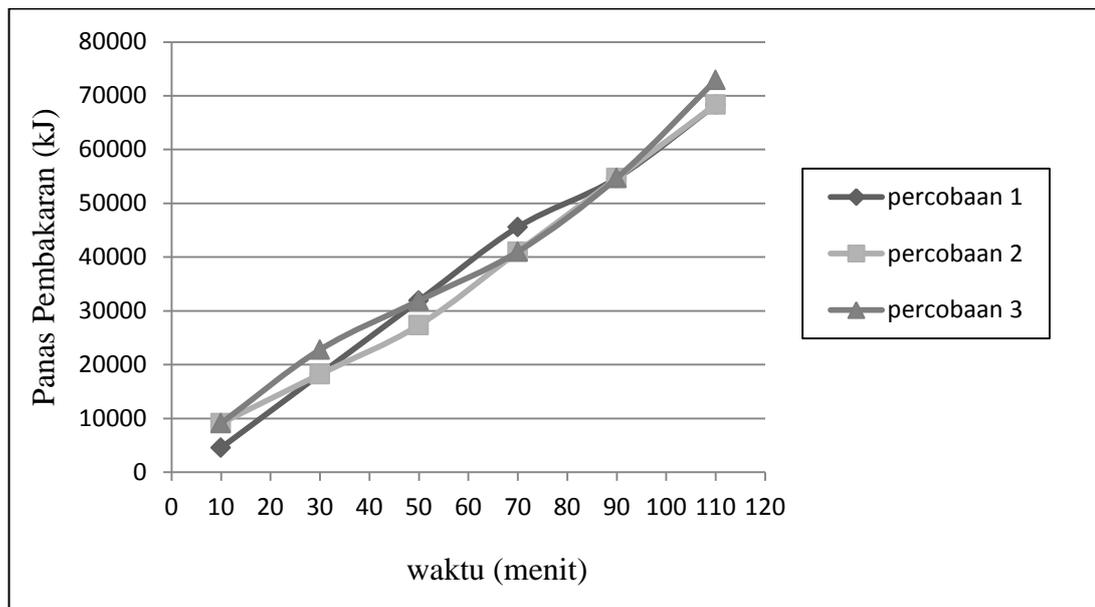
Waktu (menit)	Heating Value (kJ/kg)	Massa (kg)			Panas Pembakaran (kJ)		
		I	II	III	I	II	III
10	45582,7	0,1	0,2	0,1	4558,27	9116,54	4558,27
20	45582,7	0,3	0,3	0,2	13674,81	13674,81	9116,54
30	45582,7	0,4	0,5	0,4	18233,08	22791,35	18233,08
40	45582,7	0,5	0,6	0,5	22791,35	27349,62	22791,35
50	45582,7	0,7	0,7	0,6	31907,89	27349,62	27349,62
60	45582,7	0,9	0,8	0,7	41024,43	36446,16	31907,89
70	45582,7	1	0,9	0,9	45582,7	41024,43	41024,43



Gambar 4.7. Grafik Hubungan antara Waktu (interval waktu 10 menit) dengan Panas Pembakaran (kJ)

Tabel 4.5. Hubungan antara Waktu (20 menit) dengan Panas Pembakaran (kJ)

Waktu (menit)	Heating Value (kJ/kg)	Massa (kg)			Panas Pembakaran (kJ)		
		I	II	III	I	II	III
10	45582,7	0,1	0,2	0,1	4558,27	9116,54	9116,54
30	45582,7	0,4	0,4	0,5	18233,08	18233,08	22791,35
50	45582,7	0,7	0,6	0,7	31907,89	27349,62	31907,89
70	45582,7	1	0,9	0,9	45582,7	41024,43	41024,43
90	45582,7	1,2	1,2	1,2	54699,24	54699,24	54699,24
110	45582,7	1,5	1,5	1,6	68374,05	68374,05	72932,2



Gambar 4.8. Grafik Hubungan antara Waktu (interval waktu 20 menit) dengan Panas Pembakaran (kJ)

Hasil perhitungan panas pembakaran tersaji pada tabel 4.4 dan 4.5. Dari tiga kali percobaan yang dilakukan, mendapat hasil bahwa panas pembakaran yang dibutuhkan semakin lama akan semakin besar. Grafik hubungan antara waktu dengan panas pembakaran yang disajikan dalam gambar 4.7 dan 4.8 menunjukkan perubahan panas pembakaran yang semakin bertambah setiap bertambahnya interval waktu. Walaupun konsentrasi larutan umpan berbeda-beda, tetapi kebutuhan panas untuk menguapkan air setiap interval waktu hampir sama. Kecepatan menguapnya air dalam waktu 70 menit dan 110 menit sebesar 0,11 L/menit dan 0,09 L/menit.

3. Unjuk kerja

Efisiensi dalam hal ini adalah perbandingan antara panas total (panas *sensibel* dan panas *laten*) dengan panas pembakaran LPG atau dengan persamaan :

$$\text{Efisiensi } (\varepsilon) = \frac{\text{Panas total}}{\text{Panas pembakaran LPG}} \times 100 \%$$

commit to user

Tabel 4.6. Hubungan antara Air yang Menguap dengan Efisiensi Evaporator

Waktu (menit)	Air yang menguap (liter)	Panas penguapan (kJ)	Panas pembakaran (kJ)	Efisiensi (%)
70	8,08	21683,82	42543,85	51,13
110	9,97	25926,79	69893,47	37,12

Hasil perhitungan pada table 4.6 tidak dapat dibandingkan karena suplai LPG yang diatur melalui kran regulator tidak selalu sama setiap melakukan percobaan, sehingga besarnya panas pembakaran yang diterima berbeda.

Unjuk kerja evaporator ini tidak terlalu besar karena banyak tube yang tidak tergenang saat *level* larutan mulai berkurang dan *burner* tidak tertutup yang menyebabkan banyak panas yang terbuang.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Evaporator *shell and tube* telah berhasil dibuat untuk memekatkan zat warna alami dari kayu mahoni.
2. Dari hasil perancangan dan pembuatan evaporator didapatkan tabung silinder horizontal dengan diameter 21 cm, panjang 43 cm dan volume 15 liter.
3. Kenaikan konsentrasi larutan zat warna kulit kayu mahoni selama proses evaporasi selama 70 dan 110 menit sebesar 0,0132 gram/ml dan 0,0153 gram/ml.
4. Dari hasil pengujian evaporator diperoleh efisiensi sebesar 51,13% dan 37,12% dengan kecepatan penguapan air sebesar 0,11 L/menit dan 0,09 L/menit untuk proses evaporasi selama 70 dan 110 menit.

B. Saran

1. Sebaiknya memiliki aliran cerobong *flue gas* yang dialirkan keluar ruangan, agar tidak menyebabkan pedih di mata.
2. Kran regulator gas LPG sebaiknya diberi tanda agar suplai LPG selalu sama ketika melakukan percobaan.
3. Burner sebaiknya ditutup agar api dapat langsung masuk ke *tube* dan gas panasnya tidak banyak yang hilang.
4. Proses Evaporasi sebaiknya dilakukan secara kontinyu, agar semua pipa dalam evaporator dapat tergenang oleh larutan zat warna.