

**ANALISIS PEMANFAATAN LIMBAH KULIT NANGKA
MENJADI CARBOXYMETHYL CELLULOSE DAN
PENGARUHNYA TERHADAP SIFAT RHEOLOGI
LUMPUR PEMBORAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

ZATA DINI AMANI

153210734



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2021

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh :
Nama : Zata Dini Amani
NPM : 153210734
Program Studi : Teknik Perminyakan
Judul Skripsi : Analisis Pemanfaatan Limbah Kulit Nangka
Menjadi *Carboxymethyl Cellulose* Dan
Pengaruhnya Terhadap Sifat Rheologi Lumpur
Pemboran

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau

DEWAN PENGUJI

Pembimbing	: Novrianti, ST. MT	(.....)
Penguji I	: Muhammad Ariyon, ST. MT	(.....)
Penguji II	: Idham Khalid, ST. MT	(.....)

Diterapkan di : Pekanbaru

Tanggal : 2 April 2021

Disahkan Oleh:

**KETUA PROGRAM STUDI
TEKNIK PERMINYAKAN**


Novia Rita, S.T., M.T.

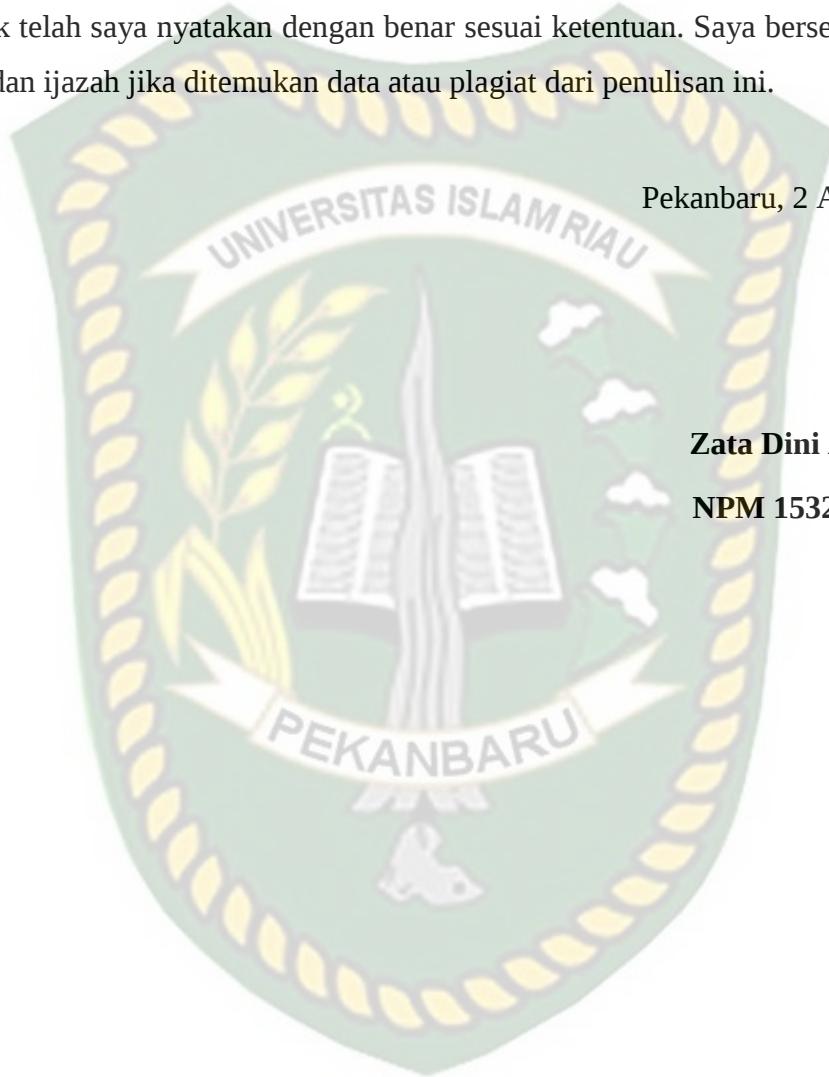
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya saya sendiri dan semua sumber yang tercantum di dalam baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar sesuai ketentuan. Saya bersedia dicabut gelar dan ijazah jika ditemukan data atau plagiat dari penulisan ini.

Pekanbaru, 2 April 2021

Zata Dini Amani

NPM 153210734



KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada Allah SWT karena atas Rahmat dan limpahan ilmu dari-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Islam Riau. Saya menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dan mendukung saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini dan membantu memperoleh ilmu pengetahuan selama perkuliahan. Tanpa bantuan dari mereka tentu akan sulit rasanya untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik ini. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Orang tua saya, Bapak Mohamad Saleh dan Ibu Wahyuningsih, serta Adik Muhammad Aulia Fiskhar dan Zharfa Adina Amani atas segala doa dan kasih sayang, dukungan moril dan materil yang diberikan hingga saat ini.
2. Ibu Novrianti, ST. MT., selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan dukungan dan saran dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Muhammad Ariyon, S.T., M.T. dan Bapak Idham Khalid, S.T., M.T. yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan masukan selama proses perkuliahan saya di Universitas Islam Riau.
4. Kepala Laboratorium, Instruktur dan Laboran Laboratorium Pemboran dan Reservoir Teknik Perminyakan yang telah membantu penelitian tugas akhir ini.
5. Ketua dan sekretaris prodi serta dosen-dosen yang sangat banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan dan hal lain yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.
6. Azril M. Irfan yang selalu mendukung setiap keputusan dan selalu ada ketika senang maupun susah.
7. Muspitta, Chalidah Pratiwi, Syafrina Putri, dan Sahabat Ulele yang selalu memberikan semangat dan dorongan untuk rajin mengerjakan dan menyelesaikan tugas akhir ini.

Teriring doa saya, semoga Allah memberikan balasan atas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, 2 April 2021

Zata Dini Amani



Dokumen ini adalah Arsip Mlik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR SINGKATAN.....	xii
DAFTAR SIMBOL.....	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN.....	2
1.3 MANFAAT PENELITIAN.....	2
1.4 BATASAN MASALAH.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 STATE OF THE ART.....	4
2.2 RHEOLOGI LUMPUR PEMBORAN.....	5
2.3 PEMANFAATAN LIMBAH KULIT NANGKA SEBAGAI CARBOXYMETHYL CELLULOSE DAN PENGARUHNYA TERHADAP RHEOLOGI LUMPUR PEMBORAN.....	8
2.4 STANDARISASI API 13A.....	12
2.5 PROSES ISOLASI SELULOSA.....	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19

3.1	JADWAL PENELITIAN.....	20
3.2	DIAGRAM ALIR PENELITIAN.....	21
3.3	ALAT DAN BAHAN.....	22
3.4	PROSEDUR PENELITIAN.....	27
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN PENELITIAN.....		39
4.1	HASIL PENGUJIAN ANALISIS EDX.....	40
4.2	PERBANDINGAN RHEOLOGI LUMPUR PEMBORAN MENGUNAKAN LUMPUR STANDAR DAN LUMPUR STANDAR + CMC KULIT NANGKA.....	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		56
5.1	KESIMPULAN.....	55
5.2	SARAN.....	55
DAFTAR PUSTAKA		58
LAMPIRAN 1.....		63
LAMPIRAN 2.....		67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses perendaman sampel kulit nangka di dalam NaOH.....	14
Gambar 2.2 Proses pengeringan sampel menggunakan alat vakum.....	14
Gambar 2.3 Sampel yang Sudah Dikeringkan Menggunakan Vakum	15
Gambar 2.4 Sampel yang Sudah di Bleach	15
Gambar 2.5 Bleached Sample yang Sudah Dikeringkan di Oven.....	16
Gambar 2.6 Proses Alkalisasi	17
Gambar 2.7 Proses Pemanasan Sampel Pada Suhu 80°C.....	18
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	21
Gambar 3.2 Alat penelitian laboratorium Teknik Perminyakan UIR.....	22
Gambar 3.3 Alat penelitian laboratorium Teknik Perminyakan UIR (lanjutan) .	23
Gambar 3.4 Alat penelitian laboratorium Teknik Perminyakan UIR (lanjutan 2)	24
Gambar 3.5 Bahan penelitian	25
Gambar 3.6 Bahan penelitian (lanjutan).....	26
Gambar 3.7 Bahan penelitian (lanjutan 2).....	27
Gambar 3.8 Proses delignifikasi dan pencucian sampel.....	28
Gambar 3.9 Proses <i>bleaching</i>	29
Gambar 3.10 Proses alkalisasi	30
Gambar 3.11 Proses karboksimetilasi	30
Gambar 3.12 Proses perendaman sampel menggunakan methanol.....	31
Gambar 3.13 Hasil pengujian pH sampel.....	32
Gambar 3.14 Proses pengeringan sampel menggunakan oven.....	32
Gambar 3.15 Hasil akhir pengujian pH sampel.....	33
Gambar 3.16 Proses pembuatan dan pengujian lumpur	34
Gambar 3.17 Proses pembuatan dan pengujian lumpur (lanjutan).....	35
Gambar 3. 18 Proses pengujian densitas lumpur.....	36
Gambar 3.19 <i>Mud cake</i>	38
Gambar 4.1 <i>Viscosity Time</i> vs. berat CMC	41
Gambar 4.2 <i>Yield point</i> vs. berat CMC	43

Gambar 4.3 <i>Gel Strength</i> vs. berat CMC.....	46
Gambar 4.4 <i>Plastic Viscosity</i> vs. berat CMC	48
Gambar 4.5 Volume Filtrat vs. berat CMC	53
Gambar 4.6 <i>Mud cake</i> vs. berat CMC	55



DAFTAR TABEL

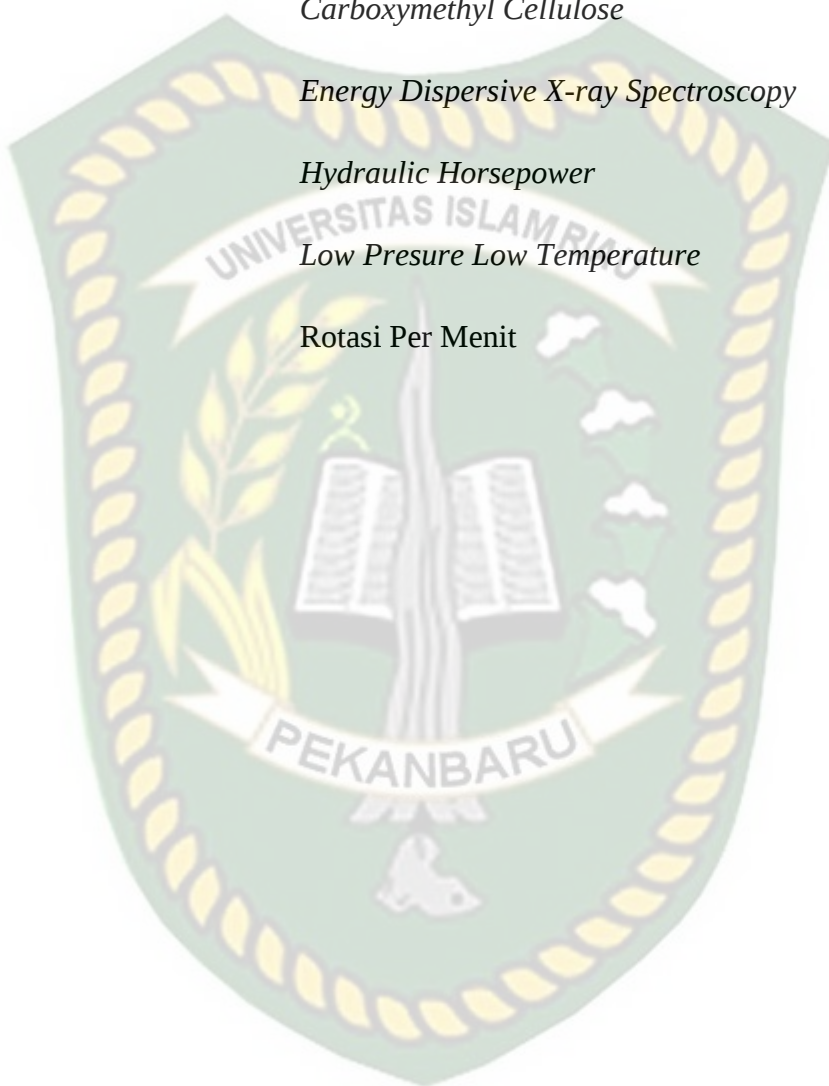
Tabel 2.1 Komponen Kimia Limbah Kulit dan Jerami Nangka.....	9
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.....	20
Tabel 4.1 Hasil Komposisi EDX Kulit Nangka	40
Tabel 4.2 Hasil Pengamatan Viskositas Lumpur Standar dan Lumpur Standar + CMC Kulit Nangka	41
Tabel 4.3 Hasil Pengamatan <i>Yield Point</i> Lumpur Standar dan Lumpur Standar + CMC Kulit Nangka	43
Tabel 4.4 Hasil Pengamatan <i>Yield point/Viscosity Plastic</i> Lumpur Standar dan Lumpur Standar + CMC Kulit Nangka.....	44
Tabel 4.5 Perbandingan Hasil Pengujian <i>Yield point/Viscosity Plastic</i> dengan Standar Spesifikasi API 13A.....	44
Tabel 4.6 Hasil Pengamatan <i>Gel strength</i> Lumpur Standar dan Lumpur Standar + CMC Kulit Nangka	45
Tabel 4.7 Perbandingan Hasil Pengujian <i>Gel Strength</i> dengan Standar Spesifikasi API 13A	46
Tabel 4.8 Hasil Pengamatan <i>Plastic Viscosity</i> Lumpur Standar dan Lumpur Standar + CMC Kulit Nangka	47
Tabel 4.9 Perbandingan Hasil Pengujian <i>Plastic Viscosity</i> dengan Standar Spesifikasi API 13A.....	48
Tabel 4.10 Hasil Pengamatan pH Lumpur Standar dan Lumpur Standar + CMC Kulit Nangka	49
Tabel 4.11 Hasil Pengamatan Densitas Lumpur Standar dan Lumpur Standar + CMC Kulit Nangka	50
Tabel 4.12 Perbandingan Hasil Pengujian Densitas dengan Standar Spesifikasi API 13A.....	51
Tabel 4.13 Hasil Pengamatan <i>Volume Filtration Loss</i> Lumpur Standar dan Lumpur Standar + CMC Kulit Nangka.....	52
Tabel 4.14 Perbandingan Hasil Pengujian <i>Volume Filtration Loss</i> dengan Standar Spesifikasi API 13A.....	53

Tabel 4.15 Hasil Pengamatan <i>Mud Cake</i> Lumpur Standar dan Lumpur Standar + CMC Kulit Nangka	54
---	----



DAFTAR SINGKATAN

API	<i>American Pettroleum Institute</i>
CMC	<i>Carboxymethyl Cellulose</i>
EDX	<i>Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i>
HHP	<i>Hydraulic Horsepower</i>
LPLT	<i>Low Presure Low Temperature</i>
RPM	Rotasi Per Menit



DAFTAR SIMBOL

μ_p	<i>Plastic Viscosity, cp</i>
Y_p	<i>Yield Point, lb/100 ft²</i>
P	Tekanan, Psi
pH	<i>Potensial of Hydrogen</i>
C_{600}	<i>Dial reading pada 600 RPM, derajat.</i>
C_{300}	<i>Dial reading pada 300 RPM, derajat.</i>
C	<i>Dial reading, derajat</i>
γ	<i>Share rate, detik⁻¹</i>
τ	<i>Share stress, dyne/cm²</i>

ANALISIS PEMANFAATAN LIMBAH KULIT NANGKA MENJADI CARBOXYMETHYL CELLULOSE DAN PENGARUHNYA TERHADAP SIFAT RHEOLOGI LUMPUR PEMBORAN

ZATA DINI AMANI
153210734

ABSTRAK

Pemboran merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mencapai target yang telah direncanakan dan salah satu materi penting pendukung pemboran adalah lumpur pemboran. Nilai rheologi lumpur pemboran harus sesuai dengan kondisi lubang sumur. Salah satu upaya untuk meningkatkan rheologi lumpur dengan menambahkan aditif CMC (*Carboxymethyl Cellulose*) yang berguna untuk meningkatkan viskositas dan mengikat air. Sifat rheologi fluida pemboran harus sering dipantau selama operasi pemboran berlangsung untuk menghindari permasalahan yang berhubungan dengan perubahan sifat fisik dan hilangnya lumpur pemboran ke dalam formasi. Penelitian ini memanfaatkan bahan alami yang cukup banyak di Indonesia yaitu kulit nangka. Kulit nangka merupakan limbah organik yang kurang dimanfaatkan. Karena struktur kulit nangka mengandung selulosa, maka sangat potensial untuk diolah menjadi CMC. Kulit nangka memiliki kandungan selulosa sekitar 50-55%. Tahap pembuatan CMC kulit nangka meliputi proses Delignifikasi, Alkalisasi, Karboksimetilasi, Netralisasi, dan Sieve. Kemudian ditambahkan pada lumpur pemboran dengan komposisi disetiap sampel lumpur sebanyak 1 gr, 2 gr, 3 gr, 4 gr, dan 5 gr untuk selanjutnya mencari nilai viskositas, *plastic viscosity*, *yield point*, *gel strength*, *mud cake* dan volume filtrasi, pH, dan densitas. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan penambahan CMC kulit nangka berpengaruh terhadap rheologi lumpur pemboran. Berdasarkan API Spec 13A. (2010) nilai rheologi yang memenuhi spesifikasi fluida pemboran setelah ditambahkan aditif CMC kulit nangka adalah *nilai yield point/viscosity plastic*, *plastic viscosity*, densitas, dan volume maksimum filtrat dengan penambahan 1 sampai 5 gram CMC kulit nangka. Sedangkan nilai standar *gel strength* berada pada nilai adalah 2/3 sampai 4/5 lb/100 ft², atau berada di nilai 0,67 hingga 0,8, sehingga jika dilihat dari hasil pengujian, nilai *gel strength* yang berada pada nilai standar spesifikasi API 13A berada pada penambahan sampel sebanyak 5 gram.

Kata kunci: *Carboxymethyl Cellulose* (CMC), kulit nangka dan rheologi lumpur pemboran

**ANALYSIS OF THE UTILIZATION OF JACKFRUIT PEEL WASTE INTO
CARBOXYMETHYL CELLULOSE AND ITS EFFECT ON THE
RHEOLOGICAL PROPERTIES OF DRILLING MUD**

**ZATA DINI AMANI
153210734**

ABSTRACT

Drilling is an activity carried out to achieve the planned target and one of the important supporting materials for drilling is drilling mud. The rheological value of the drilling mud must be in accordance with the conditions of the wellbore. One of the efforts to increase sludge rheology is by adding additive CMC (Carboxymethyl Cellulose) which is useful for increasing viscosity and binding water. The rheological of drilling fluid should be monitored frequently during drilling operations to avoid problems associated with physical changes and drilling breaks into the formation. This research utilizes natural ingredients that are quite a lot in Indonesia, namely jackfruit skin. Jackfruit skin is an underutilized organic waste. Because the jackfruit skin structure contains cellulose, it is very potential to be processed into CMC. Jackfruit skin has a cellulose content of around 50-55%. The stages of making CMC jackfruit skin include Delignification, Alkalization, Carboxymethylation, Neutralization, and Sieve processes. Then added to the drilling mud with the composition of each mud sample of 1 gr, 2 gr, 3 gr, 4 gr, and 5 g to further find the value of viscosity, plastic viscosity, melting point, gel strength, mud cake and filtration volume, pH, and density. Based on tests that have been carried out, the addition of CMC jackfruit skin has an effect on drilling mud rheology. Based on API Spec 13A. (2010) the rheological values that meet the drilling fluid specifications after adding the CMC additive of jackfruit skin are the yield point / plastic viscosity, plastic viscosity, density, and maximum filtrate volume with the addition of 1 to 5 grams of CMC jackfruit skin. While the standard value of gel strength is at a value of 2/3 to 4/5 lb / 100 ft², or is in a value of 0.67 to 0.8, so that when viewed from the test results, the gel strength value is at the API specification standard value. 13A is in the addition of a sample of 5 grams.

KEYWORDS: Carboxymethyl Cellulose (CMC), jackfruit peels and drilling mud rheology

BAB I PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Kesuksesan sebuah operasi pemboran tergantung dari penggunaan fluida pemboran yang digunakan, dimana komposisi yang baik dari sebuah lumpur pemboran memungkinkan untuk mengurangi biaya operasi pemboran (Benyounes, Mellak, & Benchabane, 2015).

Sifat rheologi fluida pemboran harus sering dipantau selama operasi pemboran berlangsung untuk menghindari permasalahan yang berhubungan dengan perubahan sifat fisik, seperti nilai *yield point* dan viskositas yang sering kali berhubungan dengan permasalahan pada tidak efisiennya dalam pengangkatan *cutting* dan hilangnya fluida lumpur ke dalam formasi yang merupakan hal yang krusial untuk dievaluasi dalam meningkatkan efisiensi pembersihan lubang sumur (Elkatatny & Tariq, 2016).

Lumpur pemboran dengan penambahan CMC yang diekstraksi dari kulit nangka direkomendasikan untuk meningkatkan sifat rheologi pada suspensi fluida (Ghannam & Jdayil, 2014). Pada dispersi fluida pemboran, CMC adalah aditif yang cocok untuk meningkatkan viskositas, mengontrol *fluid loss*, dan menjaga karakteristik aliran pada temperatur yang tinggi, tekanan, dan salinitas (Hughes & Houwen, 1993).

Penambahan CMC pada lumpur pemboran menghasilkan peningkatan yang signifikan terhadap perubahan viskositas, juga peningkatan pada nilai *yield point* secara substansial dengan variasi konsentrasi CMC (Ghannam & Jdayil, 2014).

Dilansir dari Statistik Tanaman Buah-buahan dan Sayuran Tahunan Indonesia tahun 2017 tentang produksi dan banyaknya tanaman nangka yang menghasilkan menurut provinsi, produksi tanaman nangka pada triwulan 1 di wilayah Riau adalah sebanyak 4.596 ton dan sebanyak 4.313 ton pada triwulan 2. Dengan nilai produksi sebanyak ini maka perlu dilakukan *recycle* terhadap limbah buah nangka tersebut agar tidak terjadi pencemaran lingkungan akibat penumpukan limbah. Berdasarkan Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem, limbah kulit nangka saat ini dimanfaatkan untuk membuat pupuk

kompos namun belum banyak digunakan secara luas. Saat ini limbah kulit dan biji buah, termasuk limbah kulit nangka banyak digunakan sebagai campuran pakan ternak (Agustono, Lamid, Ma, & Elziyad, 2017).

Selulosa biasanya didapatkan pada dinding tanaman yang umumnya terkandung di dalam lignin dan hemiselulosa (Pushpamalar, Langford, Ahmad, & Lim, 2006). Maka selulosa yang terkandung di dalam limbah buah nangka, dalam hal ini merupakan kulit nangka, berpotensi untuk dijadikan bahan baku pembuatan CMC.

Dengan terkandungnya selulosa di kulit nangka, pengolahan terhadap limbah ini dapat dimanfaatkan sebagai *carboxymethyl cellulose* karena kulit nangka merupakan bagian dari tanaman yang mengandung selulosa sebagai bahan dasar pembuatan CMC, sehingga kulit nangka berpotensi untuk diuji dalam sebuah penelitian untuk mengetahui pengaruh selulosa yang terkandung di dalamnya terhadap rheologi fluida pemboran, selain itu juga dapat memanfaatkan dan mengolah kembali limbah organik yang terbuang.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan pengaruh penambahan aditif CMC kulit nangka terhadap rheologi lumpur pemboran
2. Menganalisis pengaruh penambahan aditif CMC kulit nangka terhadap *viscosity time*, *plastic viscosity*, *yield point*, volume filtrat dan *mud cake*, dan pH
3. Menganalisis perbandingan hasil pengujian rheologi lumpur standar yang menggunakan CMC kulit nangka dengan standarisasi API 13A

1.3 MANFAAT PENELITIAN

Dengan dilakukannya penelitian ini maka diharapkan limbah kulit nangka dapat dimanfaatkan sebagai salah satu bahan baku pembuatan CMC pada industri migas khususnya lumpur pemboran. Selain itu penelitian ini dapat berguna untuk menambah pengetahuan tentang pengelolaan limbah organik seperti kulit nangka dalam dunia perminyakan sehingga dapat meminimalisir pencemaran lingkungan.

1.4 BATASAN MASALAH

Adapun batasan-batasan masalah yang dibentuk agar penelitian ini tidak menyimpang dari arah dan tujuan yaitu sebagai berikut:

1. CMC hanya dibuat dari limbah kulit nangka.
2. Prosedur yang dilaksanakan yaitu delignifikasi, *bleaching*, alkalisasi, karboksimetilasi, pencucian, penetralan, dan pengeringan sampel untuk menghasilkan aditif CMC dilanjutkan dengan pengujian CMC terhadap sampel lumpur pemboran yang terbuat dari *bentonite*.
3. Melakukan uji konsistensi pada sampel fluida pemboran berskala laboratorium.
4. Penelitian dilakukan untuk mendapatkan hasil dari penambahan CMC terhadap pengaruhnya pada sifat-sifat rheologi lumpur pemboran yaitu viskositas, *yield point*, *gel strength*, volume kehilangan filtrasi, dan *mud cake*. Penelitian ini juga turut melakukan pengujian terhadap pengukuran pH dan densitas.
5. Konsentrasi berat CMC merupakan variabel bebas.
6. Alat pengujian konsistensi pencampuran suspensi lumpur pemboran dan suspensi lumpur + aditif CMC adalah dengan menggunakan Fann VG Meter.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pengetahuan tentang ilmu yang sudah dipelajari selama perkuliahan, diikuti dengan penelitian yang akan dilakukan ini bertujuan untuk menggali wawasan lebih dalam lagi tentang hal-hal baru yang belum diketahui, serta mendapatkan manfaat dari alam bahkan dari unsur yang terbuang. Maka janganlah sampai melupakan bahwa segala hal yang ada di dunia pasti tercipta bukan untuk menjadi hal yang sia-sia, asalkan manusia tetap terus giat mencari tau dan menggali ilmu dari sesuatu tersebut sekaligus menjadi ibadah kepada Allah SWT. Surah Thahaa menyebutkan bahwa Allah SWT mengetahui apapun dari segalanya yang sudah diciptakan-Nya:

Milik-Nyalah apa yang ada di langit, apa yang ada di Bumi, apa yang ada di antara keduanya, dan apa yang ada di bawah tanah. Dan jika engkau mengeraskan ucapanmu, Dia mengetahui rahasia dan yang lebih tersembunyi. (Qs. Thahaa: 6-7).

2.1 STATE OF THE ART

Penelitian (Henrique et al., 2018) tentang pemanfaatan ampas tebu sebagai CMC dan aplikasinya terhadap pengujian *thickening time* menunjukkan bahwa penambahan aditif CMC pada suspensi semen terbukti dapat meningkatkan 66% *thickening time* dibandingkan suspensi semen itu sendiri. Penelitian ini menerapkan metode berikut, dimulai dari *pre-treatment* sampel yang didahului dengan pengumpulan ampas tebu yang didapatkan dari *Northeastern Brazil*. Ampas tebu lalu dikeringkan secara alami dan dihancurkan lalu diayak hingga mencapai ukuran butir 1,41-0,354 mm. Sampel lalu dicuci dengan air bersuhu 70 °C lalu dikeringkan di dalam oven dengan suhu 50°C selama 12 jam. Selanjutnya adalah dengan melakukan proses delignifikasi, dimana setiap 10 gram sampel dicampurkan dan diaduk dengan 120 ml 0,2g/ml NaOH dan 0,15% *anthraquinone* untuk masing-masing sampel pada suhu 160 °C selama 1 jam pada kecepatan pengadukan yang konstan. Kemudian dilanjutkan dengan melakukan sintesis *carboxymethyl lignin* (CML) dengan menggunakan isopropanol pada pH 8-10 dengan konsentrasi 0,2 g/ml NaOH serta penambahan 0,32 g/ml *monochloroacetic acid* dan terus diaduk dengan putaran yang konstan. Sampel lalu dicuci dengan isopropanol dan

dikeringkan pada suhu ruangan 50 °C selama 2 jam. Uraian proses tersebut lalu menunjukkan hasil dimana ampas tebu mengandung kurang lebih 43,33% selulosa, 31,91% hemiselulosa, dan 11,9% lignin.

Berdasarkan penelitian (Kafashi, Rasaei, & Karimi, 2016) tentang penambahan CMC dari ampas tebu terhadap lumpur pemboran berpengaruh pada peningkatan viskositas dan sifat rheologi lumpur pemboran yang terjadi karena sifatnya yang tidak terlarut karena mengandung serat-serat panjang yang ada di dalamnya dan akan bercampur seiring berjalannya waktu. Juga, CMC dari limbah tanaman ini juga mengandung serat karbohidrat dan semua yang mengandung karbohidrat memiliki kemampuan untuk meningkatkan viskositas seperti yang diharapkan terjadi pada sebuah suspensi lumpur.

Berdasarkan penelitian (Joshi et al., 2014) tentang pemanfaatan limbah kertas sebagai CMC, karboksimetilasi dilakukan untuk mensintesa selulosa dengan melakukan analisis terhadap nilai derajat substitusi pada interaksi terhadap beberapa parameter seperti penambahan NaOH, sodium monokloro asetat, temperatur, dan reaksi terhadap waktu. Hasil dari interaksi derajat substitusi terhadap NaOH menunjukkan bahwa nilai derajat substitusi meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi NaOH namun kemudian menurun secara signifikan. Dari penelitian tersebut menunjukkan hasil CMC yang didapatkan adalah sebesar 150,8%.

Berdasarkan penelitian (Ghannam & Jdayil, 2014), penambahan CMC pada suspensi *bentonite*, dengan meningkatkan konsentrasi CMC dari 0-50%, dapat meningkatkan *shear stress* dan *apparent viscosity* pada suspensi lumpur secara signifikan, dimana hal ini disebabkan oleh molekul CMC melekat pada partikel *clay* di permukaan dan menyerap air dengan mengembangkan suspensi, serta peningkatan nilai viskositas adalah sebuah indikasi dari adanya struktur jaringan di dalam suspensi fluida.

2.2 RHEOLOGI LUMPUR PEMBORAN

Fluida pemboran adalah campuran dari bahan kimia sintetik dan bahan natural yang digunakan untuk mendinginkan dan melumasi mata bor,

membersihkan lubang bor, membawa serpihan (*cutting*) ke permukaan, mengontrol tekanan formasi, meningkatkan fungsi kinerja *drill string* dan peralatan lainnya di dalam lubang bor, serta mengurangi gesekan antara formasi dan peralatan pemboran (Fink, 2012).

Rheologi atau perilaku dari fluida pemboran merupakan kondisi yang dialami oleh fluida pemboran selama proses sirkulasi fluida berlangsung, yang meliputi jenis fluida dan sifat aliran fluida pemboran (Novrianti, Mursyidah, & Ramadhan, 2015).

Rheologi dianggap sebagai salah satu aspek kritis untuk menentukan kesuksesan operasi pengeboran (Li, Wu, Song, Qing, & Wu, 2015). Untuk menjalankan fungsi fundamentalnya, fluida pemboran harus memiliki beberapa karakteristik untuk dapat meningkatkan efisiensi dari operasi pemboran, dimana sifat-sifat yang harus dimiliki fluida pemboran adalah sifat rheologi (viskositas, nilai *yield point*, *shear stress*, dan *gel strength*), pencegahan *fluid loss*, stabilitas di bawah temperatur tertentu dan tekanan di bawah kondisi operasional, serta memiliki kemampuan untuk meminimalisir kontaminasi dengan jenis fluida lainnya seperti air garam, kalsium sulfat, semen, dan potassium (Fink, 2012).

Sifat rheologi sistem *bentonite* dengan campuran air tergantung dari banyaknya faktor, salah satu yang terpenting adalah penambahan aditif (Ghannam & Jdayil, 2014). Ketika elektrolit, polimer, *surface active agents*, dan bahan aditif lainnya ditambahkan pada sistem tersebut maka bahan-bahan tersebut akan berinteraksi dengan partikel *bentonite* dan merubah sifat rheologinya (Günister, Öztekin, & Erim, 2006).

Fluida pemboran umumnya merupakan fluida *non-Newtonian* yang bersifat *shear-thinning* dan memiliki viskositas yang tinggi pada *shear rates* yang rendah untuk mengangkat *cutting* dari lubang pemboran, namun memiliki viskositas yang rendah pada *shear rates* yang tinggi untuk secara sirkulatif dipompakan ke dalam lubang pemboran (Li et al., 2015).

Berdasarkan buku (Rubiandini, 2009a) nilai *shear stress* dan *shear rate* masing-masing ditentukan dengan melihat skala penyimpangan penunjuk (*dial reading*) dan RPM motor yang terdapat pada alat Fann VG Meter. Nilai

penyimpangan ini lalu diubah menjadi harga *shear stress* dan *shear rate* melalui konversi menjadi satuan *dyne/cm²* dan *1/second* agar dapat memperoleh nilai viskositas yang dinyatakan dalam satuan *cp (centipoise)*. Adapun persamaan tersebut sebagai berikut :

$$\tau = 5.077 \times C \dots\dots\dots (1)$$

$$\gamma = 1.704 \times N \dots\dots\dots (2)$$

dimana:

τ = *Shear stress, dyne/cm²*

γ = *Shear rate, detik⁻¹*

C = *Dial reading, derajat*

N = *Rotation per minute RPM dari rotor*

Penentuan viskositas nyata (μ_a) untuk setiap harga *shear rate* dihitung berdasarkan hubungan persamaan berikut:

$$\mu_a = \frac{\tau}{\gamma} \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

$$\mu_a = \frac{(300 \times C)}{N} \dots\dots\dots (4)$$

Untuk menentukan *Plastic Viscosity* (μ_p) dan *yield point* (Y_p) dalam *field unit* digunakan persamaan Bingham Plastic berikut:

$$\mu_p = \frac{\tau_{600} - \tau_{300}}{\gamma_{600} - \gamma_{300}} \dots\dots\dots (5)$$

Dengan memasukkan persaman (1) dan (2) ke dalam persamaan (5) didapat:

$$\mu_p = C_{600} - C_{300} \dots\dots\dots (6)$$

$$Y_b = C_{300} - \mu_p \dots\dots\dots (7)$$

dimana :

μ_p = *Plastic Viscosity, cp*

Y_b = Yield point Bingham, lb/100 ft²

C_{600} = Dial reading pada 600 RPM, derajat

C_{300} = Dial reading pada 300 RPM, derajat

Lumpur pemboran adalah fluida yang memiliki sifat yang lebih kompleks daripada minyak (Herzhaft et al., 2001). Pada perkembangannya, kondisi lumpur pemboran dalam prosesnya dijaga agar tetap konstan, dan jumlah sifat rheologinya ditentukan berdasarkan kombinasi (atau pencampuran) dari material mentah, dimana hal ini merupakan pengetahuan dasar dari desain percobaan pencampuran lumpur untuk mendapatkan respon kerja lumpur berupa hasil di permukaan (Menezes et al., 2010). Dengan asumsi permeabilitas formasi yang sama, lumpur pemboran yang terlalu berat berpotensi untuk menyebabkan *filtration loss* dan bila lumpur pemboran terlalu ringan berpotensi menyebabkan terjadinya *loss circulation* (Rismayani, 2014).

2.3 PEMANFAATAN LIMBAH KULIT NANGKA SEBAGAI CARBOXYMETHYL CELLULOSE DAN PENGARUHNYA TERHADAP RHEOLOGI LUMPUR PEMBORAN

Nangka pada dasarnya berasal dari wilayah India yang kemudian menyebar ke daerah tropis lainnya termasuk Indonesia (Raj & Ranganathan, 2018). Limbah dari buah nangka memiliki potensi untuk menjadi polutan. Metode yang sesuai untuk merubah limbah tersebut menjadi benda yang bernilai guna. Salah satu penelitian yang ditulis dalam jurnal kesehatan adalah merubah limbah kulit nangka tersebut menjadi produk selulosa.

Dari keseluruhan komponen, buah nangka dapat menghasilkan limbah sekitar 65-80% dari berat keseluruhannya (Dewi, 2015). Adapun komposisi kandungan limbah kulit nangka adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Komponen Kimia Limbah Kulit Nangka

Komponen	Persentase
Air	65,12%
Abu	1,11%
Protein	1,95%
Lemak	10%
Karbohidrat	9,3%
Serat Kasar	1,94%

(Sumber: Kurniawan, Kumalaningsih, & Febrianto, 2016)

Menurut penelitian (Raj & Ranganathan, 2018) tentang karakterisasi selulosa dari kulit buah nangka, kulit nangka yang melewati proses perlakuan menggunakan alkali yang diikuti oleh proses kimia lainnya, didapatkan hasil bahwa pada 100 gram sampel kulit nangka kering mengandung 27 gram bubuk selulosa. Pun juga pada penelitian (Nurviqah, 2019) melalui ekstraksi selulosa dengan menggunakan metode delignifikasi, nilai selulosa yang didapat dari kulit nangka berkisar pada nilai 38% hingga 39%. Sedangkan pada penelitian (Agustriono, Hasanah, Farmasi, & Padjadjaran, 2018) tentang pemanfaatan limbah sebagai bahan baku CMC, nilai selulosa kulit nangka adalah 50,13% dan jumlah CMC yang terdapat di dalamnya adalah sekitar 81,06%.

Sifat rheologi dari lumpur pemboran berbahan dasar *bentonite* dengan campuran air akan berubah tergantung dari banyak faktor, salah satunya yang terpenting adalah penambahan aditif (Ghannam & Jdayil, 2014). Ketika elektrolit, polimer, *surface active agents*, dan lain sebagainya di tambahkan pada sistem tersebut maka bahan bahan tersebut akan berinteraksi dengan partikel *bentonite* dan merubah sifat rheologinya (Günister et al., 2006).

Berdasarkan penelitian (Ghannam & Jdayil, 2014), penambahan CMC pada suspensi *bentonite*, dengan meningkatkan konsentrasi CMC dari 0-50%, dapat meningkatkan *shear stress* dan *apparent viscosity* pada suspensi lumpur secara signifikan, dimana hal ini disebabkan oleh molekul CMC melekat pada partikel *clay* di permukaan dan menyerap air dengan mengembangkan suspensi, serta

peningkatan nilai viskositas adalah sebuah indikasi dari adanya struktur jaringan di dalam suspensi fluida.

Carboxymethyl cellulose atau yang disingkat sebagai CMC pertama kali dibuat pada tahun 1918 dan diproduksi secara komersial di awal era 1920-an oleh IG Farbenindustrie AG di Jerman (Heinze, 2005). Di antara zat polimer terlarut, CMC adalah salah satu bahan kimia yang sangat penting yang digunakan di dalam produksi lapangan minyak, dimana CMC berfungsi untuk mengurangi filtrat pada lumpur dan sebagai *viscosifier* pada operasi *fracturing*/perekahan dan merupakan turunan kimia selulosa dimana larutannya yang mengandung air memiliki kemampuan resistansi terhadap garam yang dominan, tetapi viskositas intrinsik, kekuatan, dan resistansi terhadap panas CMC tersebut dibatasi oleh berat molekul rata-rata beratnya yang rendah (Yang, Li, He, Ren, & Wang, 2009).

Carboxymethyl cellulose (CMC) adalah polimer buatan dari alam yang dihasilkan dari selulosa (Rachtanapun, Luangkamin, Tanprasert, & Suriyatem, 2012). Faktanya, selulosa adalah komponen organik yang paling banyak ditemukan di dunia. Sekitar 33% dari seluruh biomassa tumbuhan adalah selulosa yang umumnya banyak ditemukan pada dinding sel tanaman. CMC dihasilkan dari beragam biomassa tumbuhan yang mengandung 40-50% selulosa, 25-40% hemiselulosa, dan 15-35% lignin dalam keadaan kering (Kumar, Arun, & Singh, 2012). Kualitas produk CMC tergantung dari jumlah kelompok karboksimetil yang melekat pada selulosa (Kinate & Cornelius, 2019).

Berdasarkan penelitian (Kafashi et al., 2016) tentang penambahan CMC dari ampas tebu terhadap lumpur pemboran berpengaruh pada peningkatan viskositas dan sifat rheologi lumpur pemboran yang terjadi karena sifatnya yang tidak terlarut karena mengandung serat-serat panjang yang ada di dalamnya dan akan bercampur seiring berjalannya waktu. Juga, CMC dari limbah tanaman ini juga mengandung serat karbohidrat dan semua yang mengandung karbohidrat memiliki kemampuan untuk meningkatkan viskositas seperti yang diharapkan terjadi pada sebuah suspensi lumpur.

Penelitian (Henrique et al., 2018) tentang pemanfaatan ampas tebu sebagai CMC dan aplikasinya terhadap pengujian *thickening time* menunjukkan bahwa

penambahan aditif CMC pada suspensi semen terbukti dapat meningkatkan 66% *thickening time* dibandingkan suspensi semen itu sendiri. Penelitian ini menerapkan metode berikut, dimulai dari *pre-treatment* sampel yang didahului dengan pengumpulan ampas tebu yang didapatkan dari *Northeastern Brazil*. Ampas tebu lalu dikeringkan secara alami dan dihancurkan lalu diayak hingga mencapai ukuran butir 1,41-0,354 mm. Sampel lalu dicuci dengan air bersuhu 70 °C lalu dikeringkan di dalam oven dengan suhu 50°C selama 12 jam. Selanjutnya dengan melakukan proses delignifikasi, dimana setiap 10 gram sampel dicampurkan dan diaduk dengan 120 ml 0,2g/ml NaOH dan 0,15% *anthraquinone* untuk masing-masing sampel pada suhu 160 °C selama 1 jam pada kecepatan pengadukan yang konstan. Kemudian dilanjutkan dengan melakukan sintesis *carboxymethyl lignin* (CML) dengan menggunakan isopropanol pada pH 8-10 dengan konsentrasi 0,2 g/ml NaOH serta penambahan 0,32 g/ml *monochloroacetic acid* dan terus diaduk dengan putaran yang konstan. Sampel lalu dicuci dengan isopropanol dan dikeringkan pada suhu ruangan 50 °C selama 2 jam. Uraian proses tersebut lalu menunjukkan hasil dimana ampas tebu mengandung kurang lebih 43,33% selulosa, 31,91% hemiselulosa, dan 11,9% lignin.

Dari penelitian tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan menggunakan bahan organik yang mengandung selulosa, maka bahan organik tersebut berpotensi untuk dijadikan bahan baku pembuatan CMC.

CMC tidak hanya digunakan sebagai kepentingan pada industri perminyakan, namun digunakan juga pada industri makanan, tekstil, obat-obatan, kertas, dan deterjen (Rachtanapun et al., 2012). Penelitian tentang penggunaan limbah kulit nangka sudah pernah dilakukan sebelumnya namun dengan tujuan yang berbeda dan jurnal yang berkaitan dengannya juga turut dijadikan referensi dalam metodologi penelitian pada penelitian Tugas Akhir ini.

Penelitian tentang pembuatan CMC dengan menggunakan kulit nangka sudah pernah dilakukan sebelumnya namun memiliki tujuan yang berbeda dengan tujuan pada penelitian ini yaitu pengujian terhadap lumpur pemboran untuk mengetahui pengaruhnya terhadap rheologi lumpur pemboran. Di sisi lain, penelitian tentang pembuatan CMC menggunakan kulit nangka untuk tujuan seperti

ini belum pernah dilakukan sebelumnya. Selain itu, salah satu pertimbangan untuk menggunakan limbah kulit nangka sebagai bahan baku untuk penelitian ini dilandasi oleh data dari Statistik Tanaman Buah-buahan dan Sayuran Tahunan Indonesia tahun 2017 yang menunjukkan hasil panen nangka berada di angka yang tinggi dan di wilayah Sumatera sendiri hasil panen nangka adalah yang terbesar kedua setelah provinsi Bandar Lampung sehingga pemanfaatan limbahnya merupakan langkah yang baik untuk mengurangi pencemaran lingkungan.

Usaha pemanfaatan lignoselulosa sebagai bahan kimia dan energi alternatif sangat baik dikembangkan seiring dengan meningkatnya kekhawatiran tentang peningkatan pertumbuhan emisi CO₂ yang dapat diminimalisir dengan penggunaan material ramah lingkungan (Candido & Gonc, 2016), maka dari itu pemanfaatan bahan organik dapat memberikan dampak yang baik terhadap permasalahan lingkungan.

Penggunaan residu yang diolah menjadi benda bernilai guna adalah konsep *bio-refinery* yang dilakukan secara berulang-ulang. Konsep ini dinilai sangat baik untuk dijadikan alternatif untuk menyelesaikan permasalahan pembuangan limbah dan sampah dan menambah nilai guna terhadap limbah tersebut (Henrique et al., 2018).

2.4 STANDARISASI API 13A

Rheologi lumpur pemboran *bentonite* memiliki standar spesifikasi yang dijelaskan pada buku panduan API 13A, dimana penggunaan *bentonite* pada lumpur pemboran harus berdasarkan nilai standar API 13A (Novrianti, Khalid, & Melysa, 2014). Adapun rentang nilai standar pada spesifikasi API 13A berdasarkan (American Petroleum Institute, 2010) terhadap rheologi lumpur pemboran tertulis pada tabel berikut:

Tabel 2. 2 Spesifikasi Rheologi Lumpur Pemboran berdasarkan API 13A

Rheologi Lumpur Pemboran	Nilai Spesifikasi API 13A
<i>Plastic Viscosity</i>	Minimum 10 cp
<i>Yield point/Plastic Viscosity</i>	Maksimum 3 lb/100 ft ²
<i>Gel strength</i>	2/4 – 4/5 lb/100 ft ²
<i>Filtration loss</i>	Maksimum 15 ml
Densitas	Minimum 5 ppg

2.5 PROSES ISOLASI SELULOSA

Berdasarkan Jurnal Herry Wijayanto dkk. tentang Optimasi Pemanfaatan Selulosa Dari Limbah Ampas Tebu (*Saccharum Officinal L.*) Sebagai Bahan Pembuatan *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) untuk Industri Makanan tahun 2016, terdapat 4 tahapan proses isolasi selulosa:

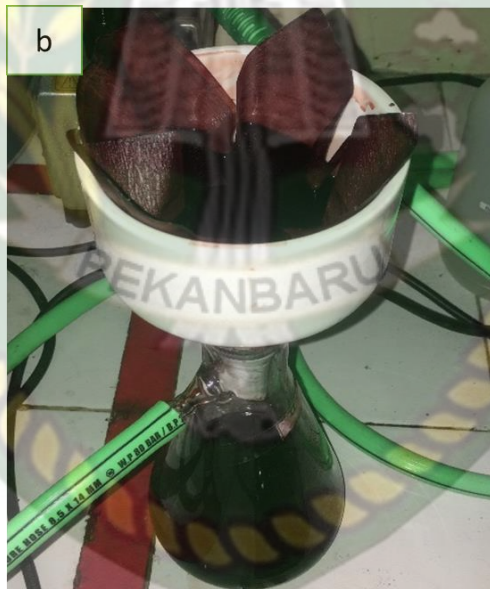
A. Delignifikasi

Delignifikasi adalah proses pemisahan lignin dengan selulosa yang dapat dilakukan dengan cara penambahan asam ataupun basa sehingga dapat melarutkan senyawa lignin (Nur, Tamrin, & Muzakkar, 2016). Proses delignifikasi pada penelitian ini adalah dengan merendam bubuk sampel yang sudah diayak dengan ukuran *sieve* 100 mesh ke dalam NaOH dengan perbandingan 1 : 6 selama 12 jam pada suhu ruangan lalu mencucinya dengan menggunakan aquades hingga mencapai pH netral. Berdasarkan penelitian (Obele, Ewlonu, & Ogbuagu, 2017) tentang pembentukan CMC dari kulit singkong, delignifikasi berpengaruh pada jumlah pengurangan massa bubuk sampel dari jumlah sampel yang sudah diolah.

Berikut merupakan gambar sampel material kulit nangka yang sudah dihaluskan dan disaring yang direndam dengan NaOH (a). Setelah dilakukan perendaman selama minimal 12 jam kemudain sampel dicuci menggunakan aquades dan disaring menggunakan alat vakum pengering sampel (b).



Gambar 2.1 Proses perendaman sampel kulit nangka di dalam NaOH



Gambar 2.2 Proses pengeringan sampel menggunakan alat vakum

B. *Bleaching*

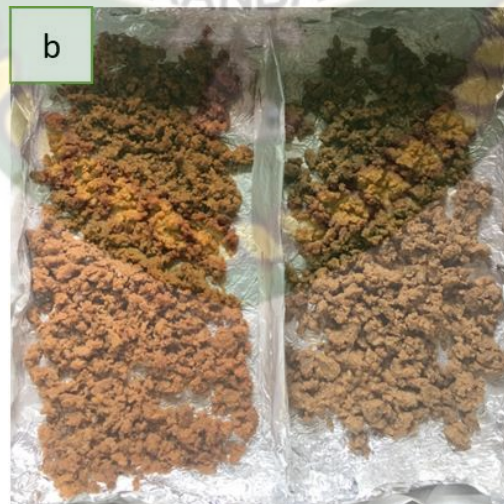
Bleaching adalah metode pemutihan sampel sehingga dapat merubah warna sampel menjadi lebih cerah. H_2O_2 yang digunakan pada proses ini merupakan reagen yang bersifat oksidator yang berfungsi untuk mengoksidasi struktur lignin sehingga dapat memutuskan rantai molekul lignin (Nur et al., 2016). Proses *bleaching* pada penelitian ini adalah dengan mencampurkan sampel dengan larutan H_2O_2 2% dengan perbandingan 1: 6. Kemudian memanaskannya pada suhu 60 °C

sembari melakukan pengadukan selama 2 jam lalu mencuci sampel dengan aquades hingga mencapai pH netral.

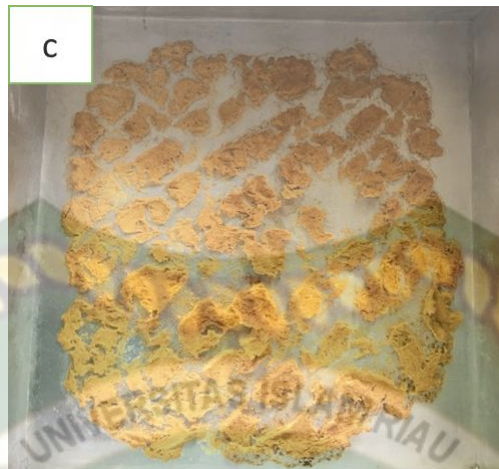
Berikut merupakan perbedaan warna sampel sebelum (a) dan sesudah (b) dilakukan bleaching menggunakan H_2O_2 . Warna setelahnya (b) terlihat tidak terlalu cerah karena masih dalam kondisi basah. Akan lebih terlihat cerah pada gambar setelah dilakukan pengeringan di oven (c).



Gambar 2.3 Sampel yang Sudah Dikeringkan Menggunakan Vakum



Gambar 2.4 Sampel yang Sudah di *Bleach*



Gambar 2.5 *Bleached Sample* yang Sudah Dikeringkan di Oven

C. Alkalisasi

Alkalisasi adalah salah satu proses terpenting dari 2 proses yang sangat berpengaruh terhadap proses isolasi selulosa selain karboksimetilasi. Alkalisasi adalah proses pengembangan struktur selulosa sehingga dapat dengan mudah melakukan substitusi terhadap reagen karboksimetilasi ke dalam struktur selulosa (Nur et al., 2016). Proses alkalisasi di dalam penelitian ini dilakukan dengan meletakkan sampel di dalam reaktor lalu menambahkannya dengan aquades dan 2-propanol. Kemudian melakukan pemanasan dan pengadukan selama kurang lebih 10 menit pada suhu 25 °C. Selanjutnya adalah meneteskan 20 ml larutan NaOH 15% lalu mengaduk sampel selama 1 jam pada suhu 80 °C.

Berikut merupakan gambar sampel kulit nangka ketika sedang dilakukan proses alkalisasi.



Gambar 2.6 Proses Alkalisasi

Berdasarkan penelitian (Obele et al., 2017) dengan menggunakan isopropanol sebagai solvent menunjukkan bahwa komposisi sampel kulit nangka kurang lebih mengandung 43.25% selulosa, 13,42% hemiselulosa, dan 34,5% lignin serta memiliki kelembaban sekitar 3,6%. Viskositas CMC yang didapatkan adalah 43,4 cP. Kandungan CMC yang terbentuk adalah berkisar 121,5% dari hasil pencampurannya dengan menggunakan isopropanol sebagai *solvent*.

D. Karboksimetilasi

Karboksimetilasi juga merupakan metode terpenting selain alkalisasi di dalam proses isolasi selulosa. Karboksimetilasi adalah proses substitusi gugus anhidroksil di setiap unit ahidroglukosa dengan menggunakan reagen karboksimetilasi (Nur et al., 2016). Proses karboksimetilasi pada penelitian ini adalah dengan mencampurkan sampel dan reagen monokloroasetat dengan konsentrasi yang berbeda melakukan pemanasan dan pengadukan selama 1 jam pada suhu 80°C yang bertujuan untuk merubah kandungan selulosa yang masih berbentuk padat menjadi serabut-serabut yang halus. Reagen monokloroasetat di sini merupakan pencampuran senyawa asam asetat dan HCL dengan konsentrasi yang sama (pada proses ini digunakan konsentrasi 15%) sebanyak 100 ml.

Berikut merupakan gambar ketika sampel kulit nangka sedang dilakukan proses karboksimetilasi.



Gambar 2.7 Proses Pemanasan Sampel Pada Suhu 80°C

Berdasarkan penelitian (Joshi et al., 2014) tentang pemanfaatan limbah kertas sebagai CMC, karboksimetilasi dilakukan untuk mensintesa selulosa dengan melakukan analisis terhadap nilai derajat substitusi pada interaksi terhadap beberapa parameter seperti penambahan NaOH, sodium monokloro asetat, temperatur, dan reaksi terhadap waktu. Hasil dari interaksi derajat substitusi terhadap NaOH menunjukkan bahwa nilai derajat substitusi meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi NaOH namun kemudian menurun secara signifikan. Dari penelitian tersebut menunjukkan hasil CMC yang didapatkan adalah sebesar 150,8%.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian Tugas Akhir ini dilakukan di Laboratorium Analisis Semen Pemboran Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau dengan jenis penelitian *Experiment Research*. Metode pembuatan CMC kulit nangka dilakukan melalui proses delignifikasi, alkalisasi, dan karboksimetilasi, pencucian, netralisasi, pengeringan, dan penentuan sifat rheologi lumpur pemboran terhadap sampel kulit nangka yang digunakan untuk mendapatkan hasil konversi kulit nangka menjadi CMC. Pengujian CMC dari limbah akan menerapkan perbandingan hasil pengujian staandarisasi API 13A dengan berta sampel adalah 1 g, 2 g, 3 g, 4 g, dan 5 g, dimana nilai tersebut diambil karena pengujian ini menggunakan variabel bebas yang juga diterapkan pada literatur seperti penelitian (Nurviqah, 2019) yang menerapkan sistem variable bebas pada konsentrasi CMC. Selain itu penggunaan sistem ini juga bertujuan untuk mendapatkan nilai standar dari pencampuran lumpur pemboran dan CMC kulit nangka. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan pengumpulan data primer dari penelitian yang dilakukan di laboratorium. Setelah mendapatkan hasil penelitian, maka analisis dan pembahasan hasil penelitian dilakukan untuk selanjutnya disimpulkan.

3.1 JADWAL PENELITIAN

Berikut merupakan tabel uraian waktu penelitian yang sudah dilaksanakan:

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

Deskripsi Kegiatan	Maret	April	Mei-November	Desember	Januari	Februari	Maret	Mei
Studi literatur								
Pembuatan proposal penelitian								
Persiapan alat dan bahan								
Seminar Proposal								
Pembuatan sampel CMC dari limbah kulit nangka								
Pengujian CMC terhadap lumpur pemboran								
Pengumpulan dan analisis data hasil								
Penyelesaian penulisan tugas akhir								
Pembuatan laporan penelitian								
Sidang Tugas Akhir								

3.2 DIAGRAM ALIR PENELITIAN

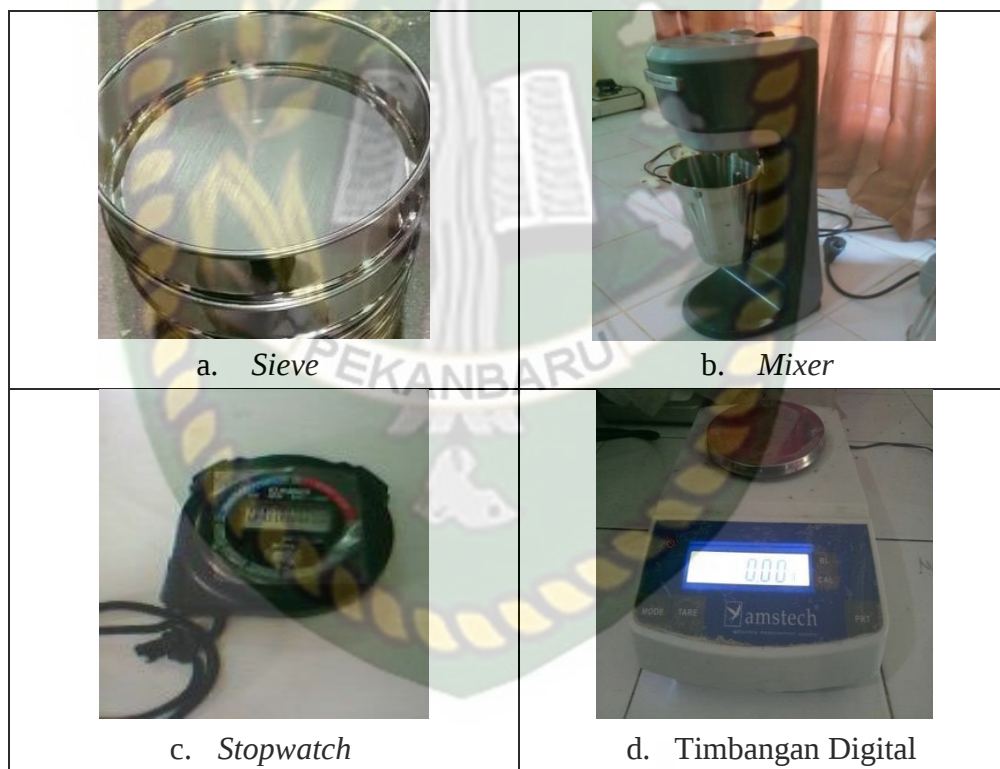


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

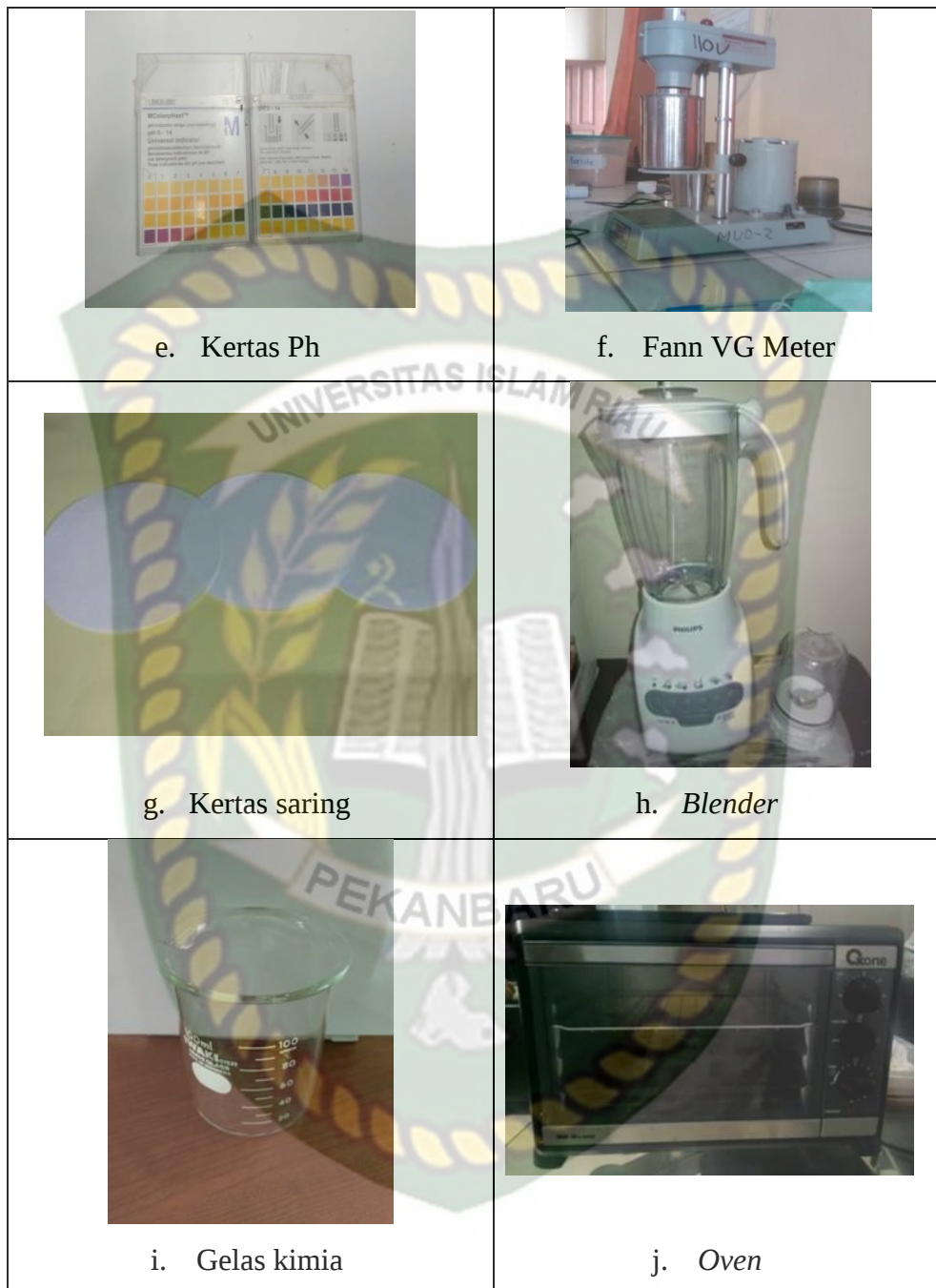
3.3 ALAT DAN BAHAN

3.3.1 ALAT

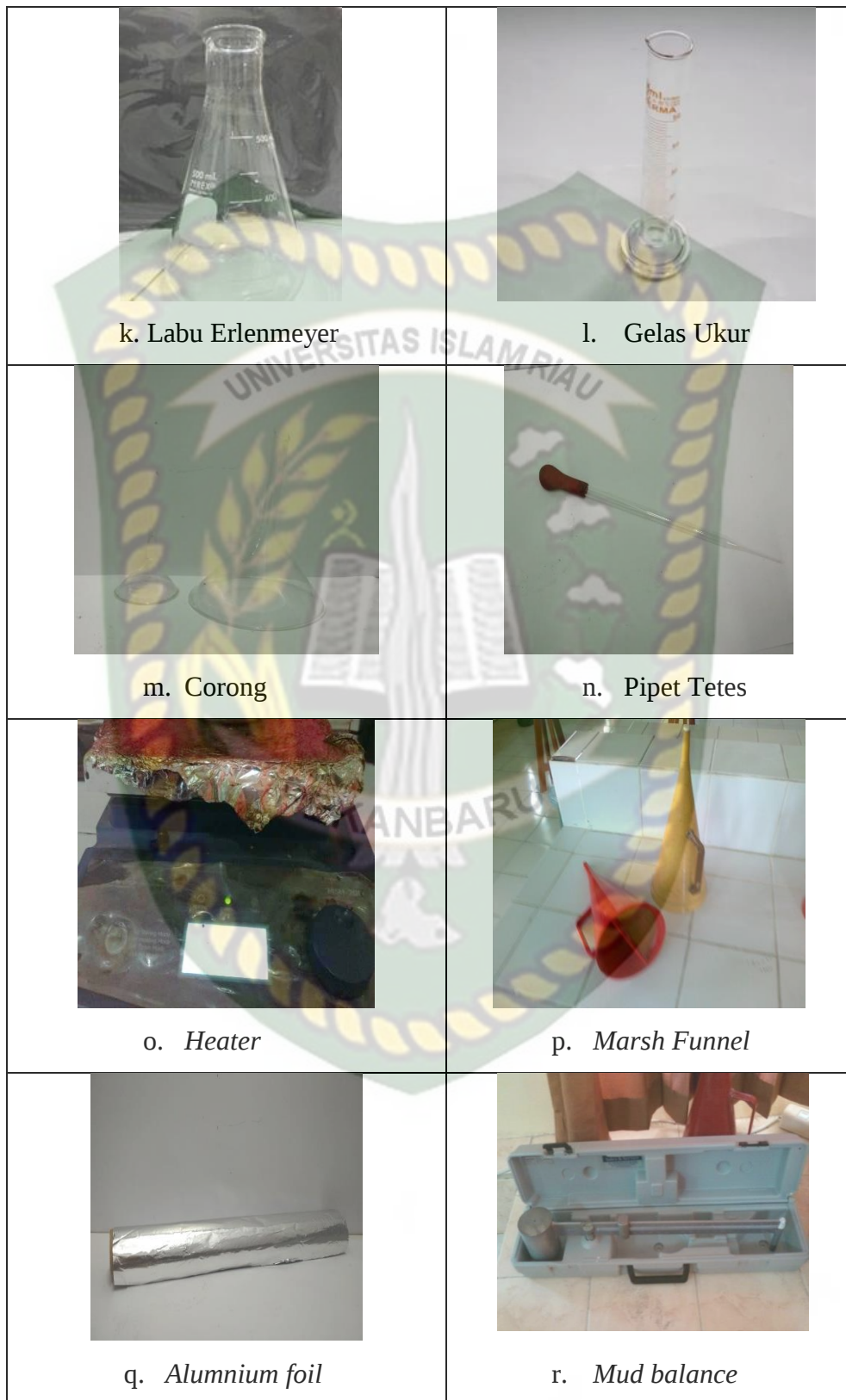
- | | |
|----------------------|--------------------|
| A. Sieve | J. Oven |
| B. Mixer | K. Heater |
| C. Stopwatch | L. Labu Erlenmeyer |
| D. Timbangan Digital | M. Gelas Ukur |
| E. Kertas Ph | N. Corong |
| F. Fann VG Meter | O. Gelas Kimia |
| G. Blender | P. Mud Balance |
| H. Kertas saring | Q. Marsh Funnel |
| I. Pipet tetes | R. Aluminium Foil |



Gambar 3.2 Alat Penelitian Laboratorium Teknik Perminyakan UIR



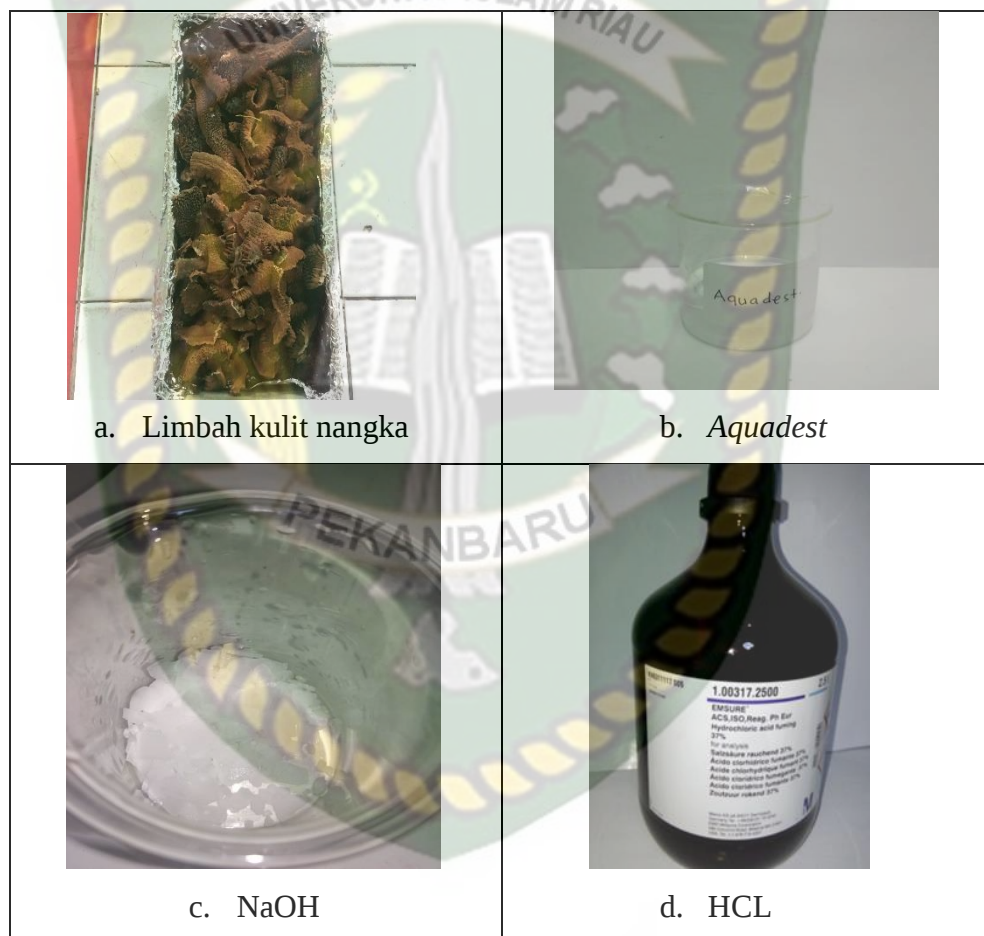
Gambar 3.3 Alat Penelitian Laboratorium Teknik Perminyakan UIR (lanjutan)



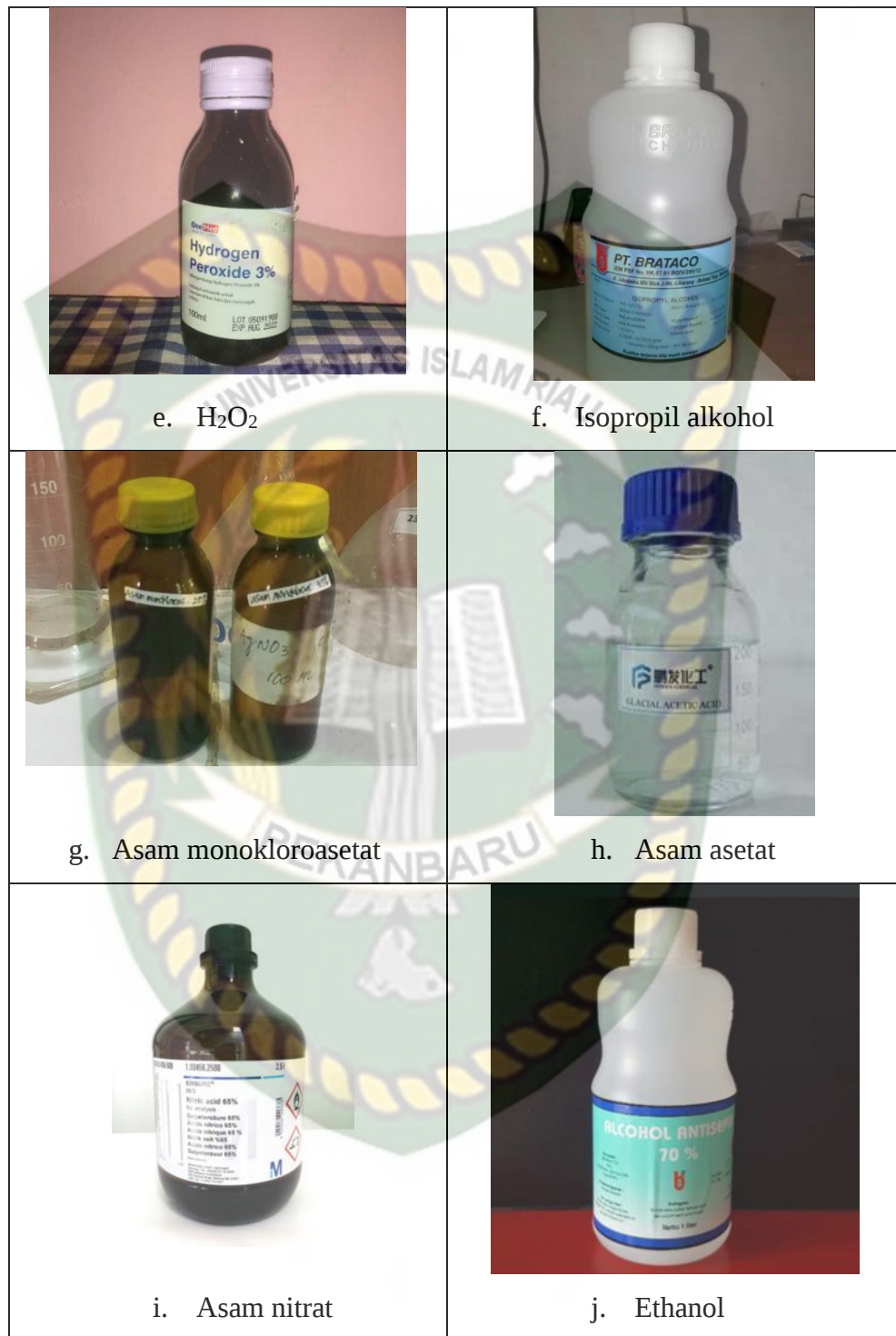
Gambar 3.4 Alat Penelitian Laboratorium Teknik Perminyakan UIR (lanjutan 2)

3.3.2 BAHAN

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| A. Limbah kulit nangka | G. Asam monokloroasetat |
| B. <i>Aquadest</i> | H. Asam asetat |
| C. NaOH | I. Asam nitrat |
| D. HCl | J. Etanol |
| E. H_2O_2 | K. Metanol |
| F. Isopropil Alkohol | L. <i>Bentonite</i> |



Gambar 3.5 Bahan Penelitian



Gambar 3.6 Bahan Penelitian (lanjutan)



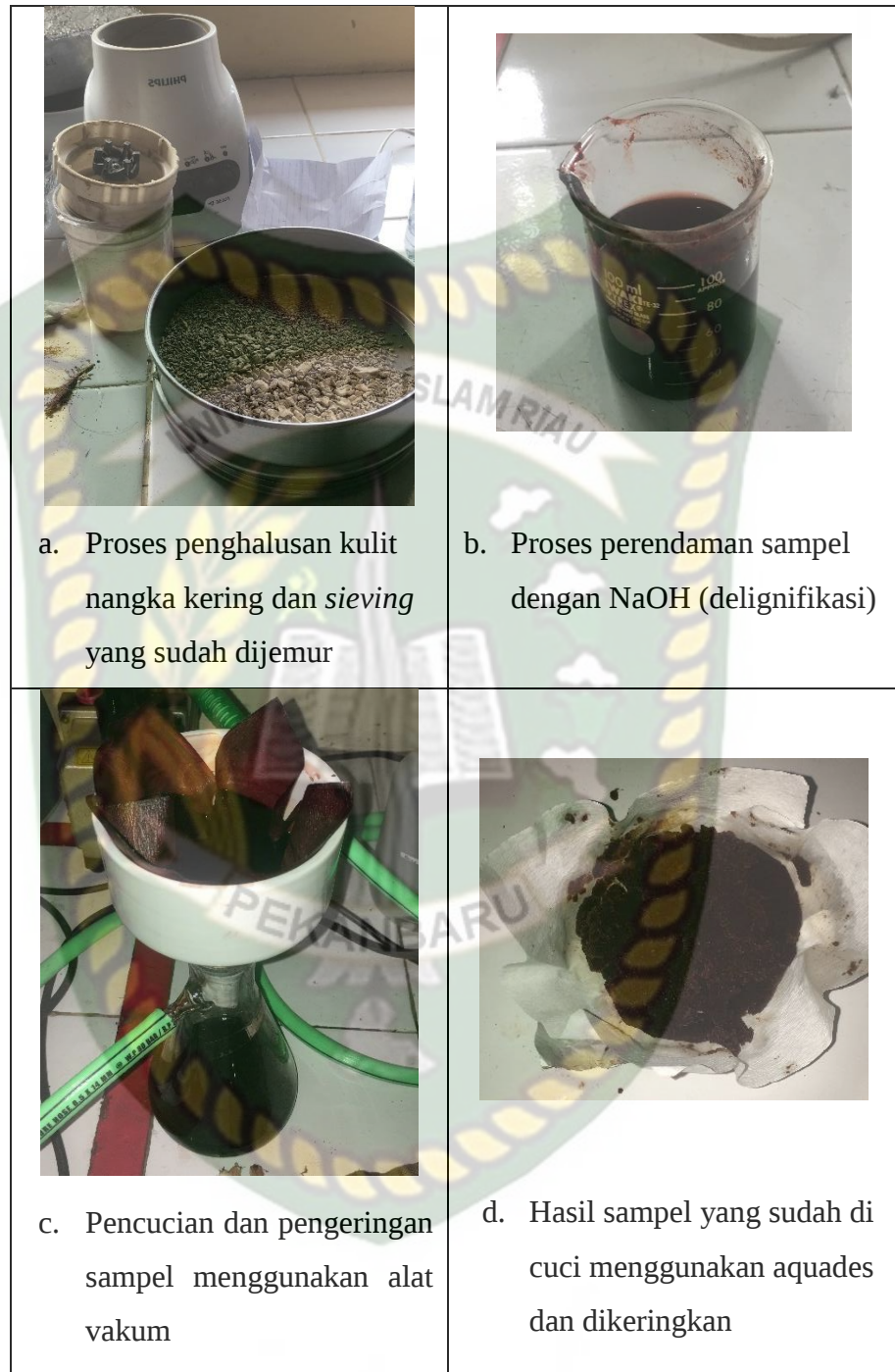
Gambar 3.7 Bahan Penelitian (lanjutan 2)

3.4 PROSEDUR PENELITIAN

(Berdasarkan penelitian (H. Wijayanto et al., n.d.))

A. Isolasi Selulosa dari Kulit Nangka

1. Delignifikasi
 - a. Limbah kulit nangka dikeringkan secara alami di bawah sinar matahari kemudian dihancurkan menjadi serpihan-serpihan
 - b. Sampel yang sudah menjadi serpihan tersebut lalu diayak dengan menggunakan *sieve* 100 mesh
 - c. Merendam bubuk sampel pada NaOH 6% sebanyak 1 : 5 kurang lebih selama 12 jam pada suhu ruangan
 - d. Mencuci sampel dengan menggunakan aquades hingga mencapai pH netral
 - e. Menyaring dan mengeringkan sampel



Gambar 3.8 Proses Delignifikasi Dan Pencucian Sampel

2. Bleaching

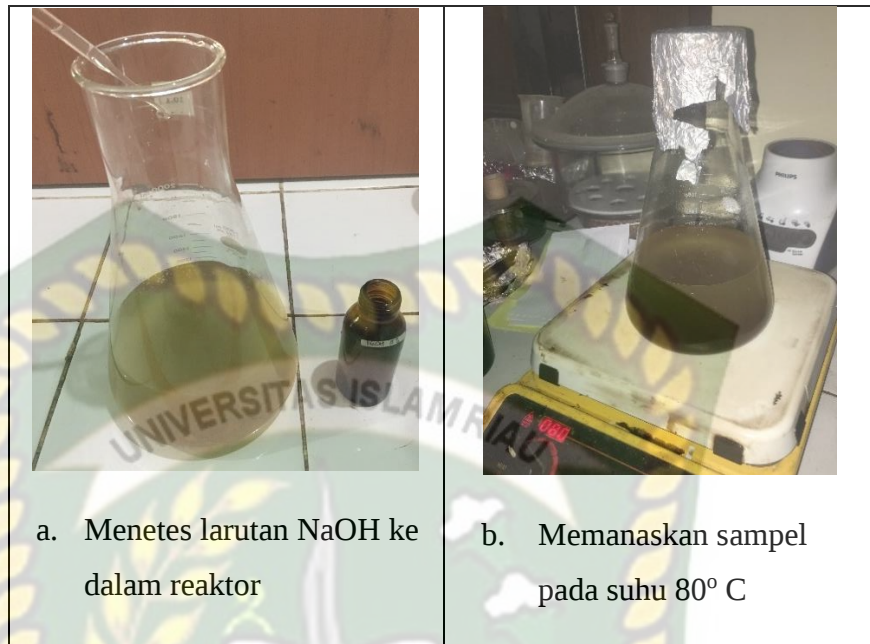
- Meletakkan sampel pada wadah dan mencampurkannya dengan larutan H_2O_2 2% sebanyak 1 : 6

- b. Aduk sampel dengan menggunakan *hot plate stirer* selama 2 jam pada suhu 60 °C
- c. Mencuci sampel dengan menggunakan aquades hingga mencapai pH netral
- d. Keringkan sampel



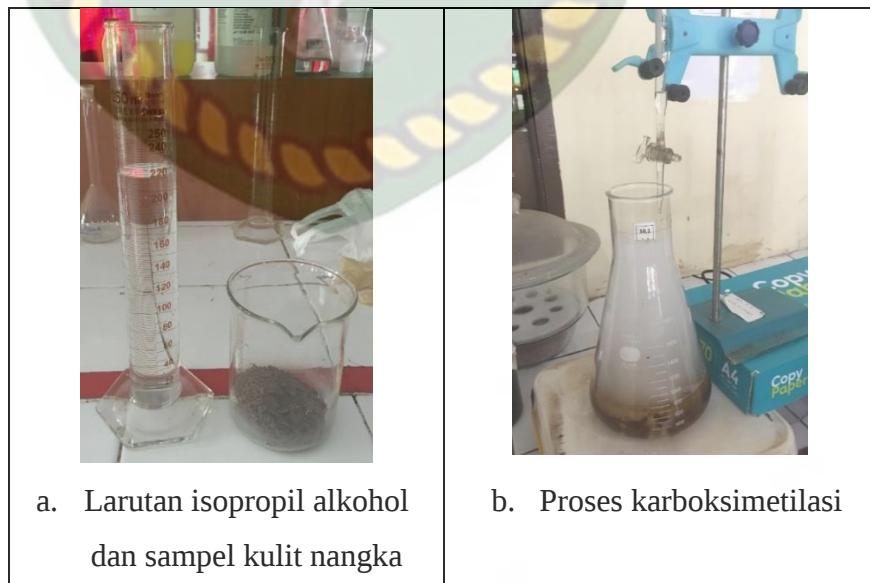
Gambar 3.9 Proses *Bleaching*

3. Alkalisasi
 - a. Timbang sampel yang sudah dikeringkan sebanyak 8 gram
 - b. Letakkan sampel ke dalam reaktor
 - c. Tambahkan 25 ml aquades dan 200 ml 2-propanol
 - d. Mengaduk sampel dengan menggunakan *hot plate stirer* selama kurang lebih 10 menit pada suhu 25 °C
 - e. Memasukkan setetes demi setetes 20 ml larutan NaOH 15%
 - f. Mengaduk sampel selama 1 jam pada suhu 80 °C



Gambar 3.10 Proses Alkalisasi

4. Karboksimetilasi
 - a. Memasukkan 20 ml reagen monokloroasetat 20% sedikit demi sedikit ke dalam wadah sampel yang masih berisi larutan isopropil alkohol, aquades, dan NaOH.
 - b. Mengaduk sampel menggunakan *hot plate stirrer* selama 2 jam pada suhu 60°C



Gambar 3.11 Proses Karboksimetilasi

5. Pencucian

- a. Menyaring hasil dari karboksimetilasi dan mengambil residunya
- b. Mencuci residu dengan melakukan perendaman sampel pada 100 ml metanol selama 24 jam
- c. Menyaring residu



Gambar 3.12 Proses Perendaman Sampel Menggunakan Methanol

6. Penetralan

- a. Menetralkan sampel yang terendam metanol dengan menggunakan asam asetat glasial dengan cara meneteskan sedikit demi sedikit hingga mencapai pH netral
- b. Melakukan dekantasi, yaitu menuangkan sampel ke wadah lain untuk memisahkan larutan dan padatan yang terdapat di dalam campuran
- c. Menyaring sampel



Gambar 3.13 Hasil Pengujian pH Sampel

7. Pengeringan

- a. Meletakkan sampel pada wadah tahan panas
- b. Mengeringkan sampel di dalam oven
- c. Menyimpan sampel di dalam wadah tertutup



Gambar 3.14 Proses Pengeringan Sampel Menggunakan Oven

8. Penentuan pH

- a. Menimbang sampel sebanyak 1 gram
- b. Masukkan sampel ke dalam gelas beker
- c. Menambahkan 100 ml aquades yang sebelumnya sudah dipanaskan hingga mencapai suhu 70 °C
- d. Aduk campuran hingga larut
- e. Tunggu sampel hingga dingin

- f. Ukur pH sampel menggunakan pH meter dan catat sebagai hasil

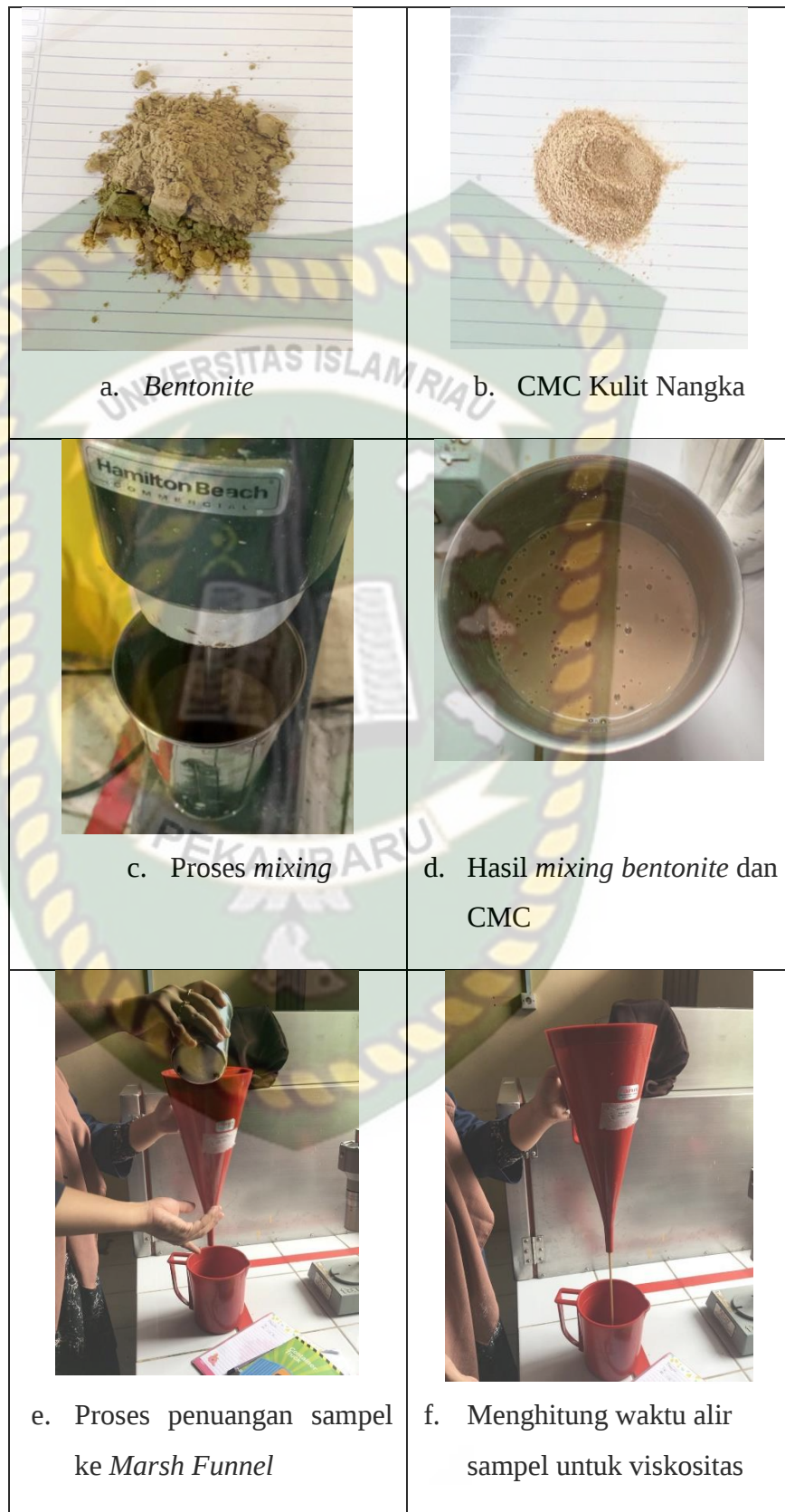


Gambar 3.15 Hasil Akhir Pengujian Ph Sampel

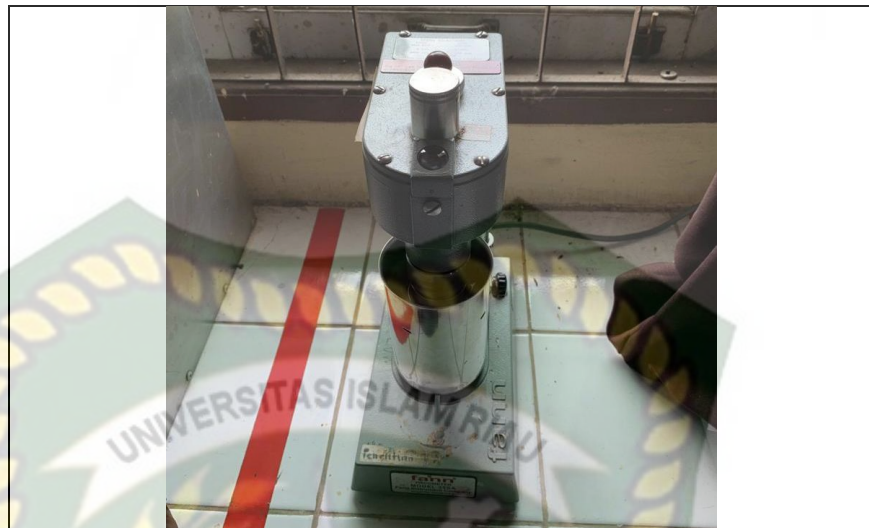
B. Pembuatan Lumpur Dasar dan Pencampuran CMC

(Pembuatan lumpur dasar berdasarkan jurnal (Fitrianti, 2012))

1. Siapkan 350 ml air dan 22 gram *bentonite*
2. Masukkan air ke dalam cup mixer lalu hidupkan mixer
3. Perlahan masukkan *bentonite* ke dalam cup mixer
4. Masih dalam keadaan mixer yang berputar, pencampuran CMC menggunakan massa 2, 4, 6, 8, 10 gram
5. Menyiapkan *mud balance* untuk menentukan densitas lumpur pemboran
6. Menyiapkan *marsh funnel* untuk menentukan laju alir lumpur pemboran
7. Menyiapkan Fann VG Meter untuk menentukan nilai *Plastic Viscosity*, nilai *yield point*, dan menentukan nilai *gel strenght*



Gambar 3.16 Proses Pembuatan dan Pengujian Lumpur



a. Percobaan sampel menggunakan Fann VG Meter

Gambar 3.17 Proses Pembuatan dan Pengujian Lumpur (Lanjutan)

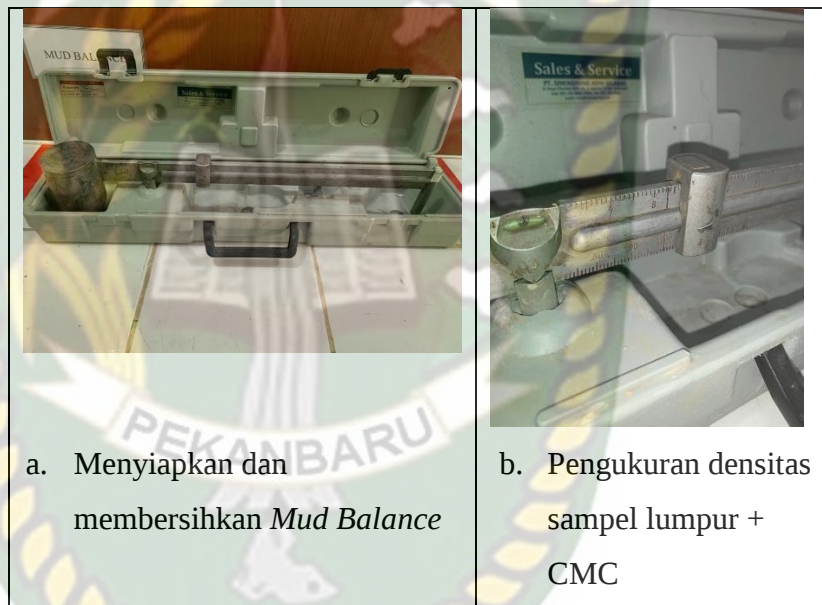
C. Prosedur Pengujian Menggunakan Peralatan

(Prosedur pengujian berdasarkan buku (Amin, 2013))

1. Prosedur Penentuan Densitas Menggunakan *Mud Balance*
 - a. Mengkalibrasi peralatan *mud balance* sebagai berikut:
 - 1) Membersihkan peralatan *mud balance*
 - 2) Mengisi cup dengan air hingga penuh, lalu menutup dan membersihkan bagian luarnya. Mengeringkan dengan kertas *tissue*
 - 3) Meletakkan kembali *mud balance* pada kedudukannya semula
 - 4) Menempatkan *rider* pada skala 8.33 ppg
 - 5) Periksa level *glass*, bila tidak seimbang, atur *calibration crew* sampai seimbang
 - b. Menimbang beberapa zat yang digunakan
 - c. Menakar air 350 cc, mencampur dengan 22.5 gr *bentonite* dan CMC kulit nangka dengan massa masing masing 2 – 10 gr .
Caranya memasukkan air kedalam bejana, lalu memasang pada *multi mixer* dan memasukkan *Bentonite* dan CMC kulit nangka

sedikit demi sedikit setelah *multi mixer* dijalankan, selang beberapa menit setelah mencampurkan, ambil bejana dan isi *cupmud balance* dengan lumpur yang telah dibuat.

- d. Menutup *cup* dan membersihkan lumpur yang melekat pada dinding bagian luar.
- e. Meletakkan *balance arm* pada kedudukannya semula, lalu mengatur *rider* hingga seimbang. Membaca densitas yang ditunjukkan oleh skala.
- f. Mengulangi langkah 5 untuk komposisi campuran yang berbeda.



a. Menyiapkan dan membersihkan *Mud Balance*

b. Pengukuran densitas sampel lumpur + CMC

Gambar 3. 18 Proses Pengujian Densitas Lumpur

2. Prosedur Penentuan Laju Alir Dengan *Marsh Funnel*

- a. Mempersiapkan campuran lumpur pemboran
- b. Tutup bagian bagian bawah *marsh funnel* (sisi lubang kecil) dengan menggunakan jari dan memastikan tidak ada celah yang terbentuk
- c. Tuang campuran lumpur pemboran melalui sisi atas *marsh funnel* (sisi lubang besar)
- d. Tempatkan sebuah wadah di lubang kecil yang tertutup jari untuk menampung campuran lumpur

- e. Perlahan lepaskan jari dari lubang kecil dan biarkan lumpur mengalir ke wadah
- f. Catat waktu laju alir lumpur
- g. Lakukan pada setiap perbandingan campuran lumpur dasar dan lumpur dengan pencampuran CMC

D. Prosedur Mengukur *Gel Strength* Dengan *Fann VG*

Nilai *gel strength* 100 lb/ft² dapat diperoleh secara langsung dengan melihat simpangan skala penunjuk dengan menggerakkan rotor pada kecepatan 3 RPM pada alat *Fann VG Meter*. Adapun langkah-langkah dalam menentukan *gel strength* pada alat *Fann VG Meter* adalah sebagai berikut:

1. Mengaduk lumpur dengan *Fann VG* pada kecepatan 600 RPM selama 10 detik.
2. Mematikan *Fann VG*, kemudian diamkan lumpur selama 10 detik.
3. Setelah 10 detik menggerakkan rotor pada kecepatan 3 RPM. Membaca simpangan maksimum pada skala penunjuk.
4. Mengaduk kembali lumpur dengan *Fann VG* pada kecepatan rotor 600 RPM selama 10 detik.
5. Mengulangi kerja diatas untuk *Gel strength* 10 menit. (untuk *Gel strength* 10 menit, lama pendiaman lumpur 10 menit).

E. Penentuan Viskositas Plastik, *Yield point*, dan *Gel Strength*

1. Memasukkan persamaan (6) untuk menentukan viskositas plastik
2. Memasukkan persamaan (7) untuk menentukan *yield point*
3. Menghitung *gel strength* dengan membandingkan nilai simpangan maksimum 10 detik dan nilai simpangan maksimal 10 menit dari pengukuran menggunakan alat *Fann VG Meter*

F. Pengukuran *Filtration loss*

1. Mempersiapkan alat *filter press* dan segera memasang *filter paper* serapat mungkin dan meletakan gelas ukur dibawah silinder untuk menampung *fluid filtrate*

2. Menuangkan campuran lumpur ke dalam silinder sampai batas 1inch dibawah permukaan silinder, ukur dengan jangka sorong, dan segera menutup rapat
3. Alirkan udara dari kompresor sebesar 100 psi
4. Tempatkan gelas ukur di bawah silinder dan amati jumlah filtrat yang jatuh ke dalam gelas ukur tiap 5 menit selama 30 menit. Catat hasil jumlah filtrat tersebut.
5. Menghentikan penekanan udara, membuang tekanan udara dalam silinder (*bleed off*), dan sisa lumpur dalam silinder dituangkan kembali kedalam *mixer cup*
6. Menentukan tebal *mud cake* dengan menggunakan jangka sorong.



Gambar 3.19 *Mud cake*

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

Pengujian yang sudah dilakukan di Laboratorium Teknik Pemboran Universitas Islam Riau merupakan pengujian terhadap rheologi lumpur pemboran dengan membandingkan hasil penelitian dengan standar spesifikasi API 13A dan konversi kulit nangka menjadi CMC alternatif. Adapun pengujian yang sudah dilakukan antara lain pengujian terhadap viskositas, *yield point*, *gel strenght*, *Plastic Viscosity*, dan juga pH.

Kulit nangka dipilih sebagai bahan dasar CMC alternatif karena kulit nangka merupakan salah satu limbah tumbuhan yang mengandung selulosa, dimana selulosa adalah bahan dasar pembuatan CMC, dan mudah didapatkan dimana saja sehingga diharapkan dapat menjadi inovasi terbaru yang bermanfaat dan juga bahan dasar energi alternatif dalam industri perminyakan.

Sebelum dilakukan pengujian terhadap lumpur pemboran, sampel CMC kulit nangka diuji terlebih dahulu kandungan/komposisi kimia juga untuk mengetahui kandungan selulosa yang terkandung di dalamnya dengan melalui pengujian EDX (*Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*).

4.1 Hasil Pengujian Analisis EDX

Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS atau EDX atau EDAX) adalah salah satu teknik analisis yang digunakan untuk menganalisis suatu unsur atau karakteristik kimia dari sebuah spesimen, dimana karakterisasi ini bergantung pada penelitian yang dilakukan dari interaksi beberapa eksitasi sinar X dengan spesimen yang kemampuan untuk mengkarakterisasinya sejalan dengan sebagian besar prinsip dasar yang menyatakan bahwa setiap elemen memiliki struktur atom yang unik dan merupakan ciri khas dari struktur atom suatu unsur sehingga memungkinkan sinar X untuk mengidentifikasinya (S. O. Wijayanto & Bayuseno, 2014).

Pengujian analisis EDX terhadap sampel yang digunakan pada Tugas Akhir ini dilakukan di Laboratorium Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu

Pengetahuan Alam (FMIPA) Institut Teknologi Bandung. Hasil pengujian EDX kulit nangka tersebut yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil Komposisi EDX Kulit Nangka

Elemen	Persentase (%)
C	53,1%
O	41,89%

Kandungan selulosa dicirikan dengan adanya elemen C (karbon) (Yanti, 2016). Nilai dari hasil selulosa yang didapatkan pada pembuatan sampel mandiri di Laboratorium Teknik Perminyakan UIR ini tidak berbeda jauh dengan nilai kandungan selulosa kulit nangka pada jurnal penelitian (Agustriono et al., 2018) yang menyatakan bahwa nilai selulosanya adalah 50,13%.

4.2 Perbandingan Rheologi Lumpur Pemboran Menggunakan Lumpur Standar dan Lumpur Standar + CMC Kulit Nangka

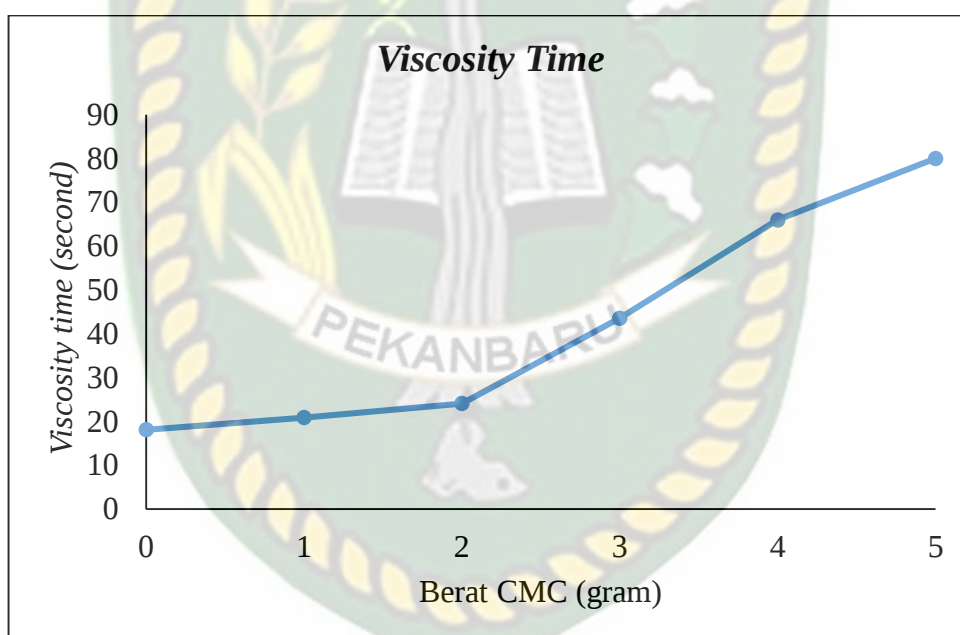
Penelitian ini melakukan pengujian sampel lumpur dengan menambahkan CMC kulit nangka dengan berat 1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram, dan 5 gram yang ditambahkan 22,5 gram *bentonite* dan air sebanyak 350 ml dengan total jumlah sampel adalah 6 sampel. Kemudian pada masing-masing campuran sampel dengan jenis CMC yang berbeda dilakukan perbandingan atas hasil yang didapatkan.

4.2.1. Viscosity time

Viskositas adalah ungkapan yang digunakan untuk menggambarkan perilaku fluida (dalam hal ini adalah lumpur pemboran) pada keadaan bergerak dimana viskositas merupakan keengganan atau kekentalan lumpur dalam periode tertentu (Arif, Sudarmoyo, Buntoro, & S, 2001). Peran viskositas dalam teknik pemboran adalah untuk sistem pengangkatan dan menahan serbuk bor. Pengujian viskositas dilakukan dengan menggunakan alat pengujian *Marsh Funnel*. Berikut merupakan tabel dan grafik diagram yang menunjukkan perbandingan viskositas dari lumpur standar dan lumpur standar + CMC kulit nangka.

Tabel 4.2 Hasil Pengamatan Viskositas Lumpur Standar dan Lumpur Standar + CMC Kulit Nangka

Komposisi Lumpur	Viskositas (detik)	Peningkatan <i>Viscosity time</i> Oleh Penambahan CMC (%)
Lumpur Standar (LS)	18,1	0
LS + 1 gram CMC KN	20,88	15,35
LS + 2 gram CMC KN	24,1	33,14
LS + 3 gram CMC KN	43,57	140
LS + 4 gram CMC KN	66	264,64
LS + 5 gram CMC KN	80	341,98



Gambar 4. 1 *Viscosity Time* vs. Berat CMC

Berdasarkan data yang didapatkan dari tabel dan diagram di atas, seiring dengan pertambahan berat CMC kulit nangka pada lumpur standar dapat meningkatkan viskositas pada lumpur sehingga memperlambat waktu alir lumpur tersebut. Sebelum ditamhakkannya CMC kulit nangka pada lumpur, waktu alir lumpur pada alat Marsh Funnel adalah 18,1 detik, dan setelah ditambahkan hingga 5 gram CMC kulit nangka waktu alir lumpur meningkat menjadi 80 detik. Dari hasil penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa CMC kulit nangka mampu menaikkan

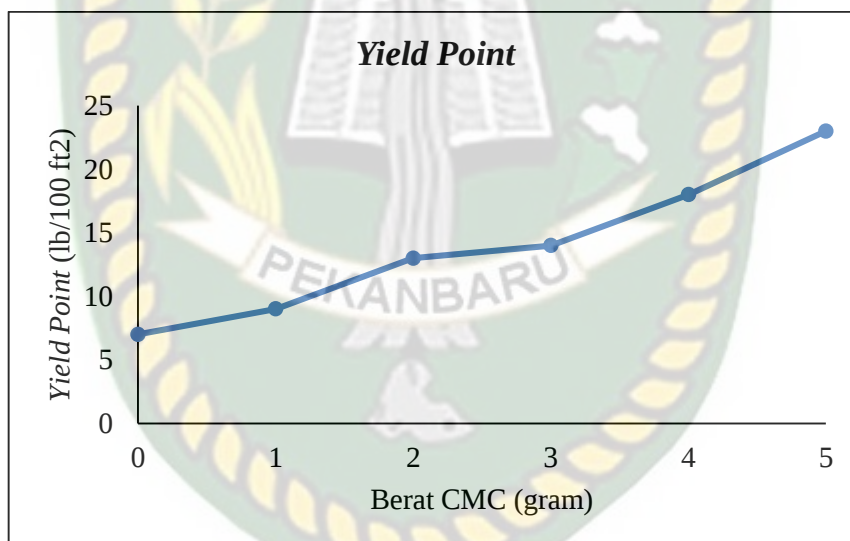
nilai viskositas lumpur pemboran hingga tiga kali lipat pada penambahan 5 gram CMC kulit nangka dibandingkan dari waktu alir awal sebelum lumpur standar ditambahkan CMC, dimana hal ini disebabkan oleh telah terjadinya proses alkalisasi pada serat tanaman kulit nangka yang mengakibatkan adanya perekahan pada struktur tanaman sehingga meningkatkan daya serap selulosa seiring dengan adanya peningkatan viskositas dimana hal ini sesuai dengan penelitian (Pratama et al., 2017) yang berkaitan dengan proses alkalisasi. Peningkatan viskositas juga berhubungan dengan sifat CMC kulit nangka yang mampu mengikat air sehingga dapat meningkatkan kekentalan pada lumpur pemboran.

4.2.2. Yield point

Nilai *yield point* berfungsi untuk mengukur gaya elektrokimia antara padatan dan zat cair sesuai dengan pola aliran yang ada di dalam lumpur (Satiyawira, 2018). Berikut ini merupakan tabel dan grafik diagram yang menunjukkan hasil perbandingan sebelum dan sesudah menggunakan CMC kulit nangka. Alat yang digunakan untuk melakukan pengujian terhadap nilai *yield point* adalah Fann VG Meter. Berikut merupakan tabel dan grafik diagram yang menunjukkan perbandingan nilai *yield point* dari lumpur standar dan lumpur standar + CMC kulit nangka.

Tabel 4. 3 Hasil Pengamatan *Yield point* Lumpur Standar dan Lumpur Standar + CMC Kulit Nangka

Komposisi Lumpur	<i>Yield point</i> (lb/100 ft ²)	Peningkatan <i>Yield point</i> Oleh Penambahan CMC (%)
Lumpur Standar (LS)	7	0
LS + 1 gram CMC KN	9	28,57
LS + 2 gram CMC KN	13	85
LS + 3 gram CMC KN	14	100
LS + 4 gram CMC KN	18	157
LS + 5 gram CMC KN	23	228,57



Gambar 4. 2 *Yield point* vs. Berat CMC

Hasil perhitungan *yield point* dari pengujian pada tabel dan diagram di atas menunjukkan bahwa penambahan CMC kulit nangka pada lumpur standar dapat meningkatkan nilai *yield point* pada lumpur hingga 2 kali lipat pada penambahan 5 gram CMC dibandingkan dengan nilai *yield point* awal sebelum lumpur standar ditambahkan CMC, dimana hal ini dipengaruhi oleh semakin banyaknya kondisi total padatan yang terkandung di dalam sistem lumpur (Rubiandini, 2009). Berdasarkan spesifikasi API 13A (American Petroleum Institute, 2010), jumlah

maksimum standar *yield point/viscosity plastic* adalah 3 lb/100 ft². Nilai *yield point/viscosity plastic* berdasarkan penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Hasil Pengamatan *Yield point/Viscosity Plastic* Lumpur Standar dan Lumpur Standar + CMC Kulit Nangka

Komposisi Lumpur	<i>Yield point / Viscosity Plastic (lb/100 ft2)</i>
Lumpur Standar (LS)	1
LS + 1 gram CMC KN	0,9
LS + 2 gram CMC KN	1,083
LS + 3 gram CMC KN	1
LS + 4 gram CMC KN	1,125
LS + 5 gram CMC KN	1,278

Tabel 4.5 Perbandingan Hasil Pengujian *Yield point / Viscosity Plastic* dengan Standar Spesifikasi API 13A

Komposisi Lumpur	<i>Yield point / Viscosity Plastic (lb/100 ft2)</i>	Spesifikasi API 13 A Yield Point/Plastic Viscosity
Lumpur Standar (LS)	1	Max. 3 lb/100 ft2
LS + 1 gram CMC KN	0,9	Max. 3 lb/100 ft2
LS + 2 gram CMC KN	1,083	Max. 3 lb/100 ft2
LS + 3 gram CMC KN	1	Max. 3 lb/100 ft2
LS + 4 gram CMC KN	1,125	Max. 3 lb/100 ft2
LS + 5 gram CMC KN	1,278	Max. 3 lb/100 ft2

Maka jika dilihat dari tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa nilai *yield point/viscosity plastic* sesuai dengan spesifikasi API 13A karena masih berada di bawah nilai standar maksimum spesifikasi tersebut.

Peningkatan *yield point* juga berbanding lurus dengan peningkatan viskositas, dimana semakin tinggi viskositas maka semakin tinggi pula nilai *yield point* (Satiyawira, 2018). Hal ini berhubungan dengan teori dari definisi *yield point* itu sendiri, dimana *yield point* merupakan gaya tarik menarik antar fluida terdispersi

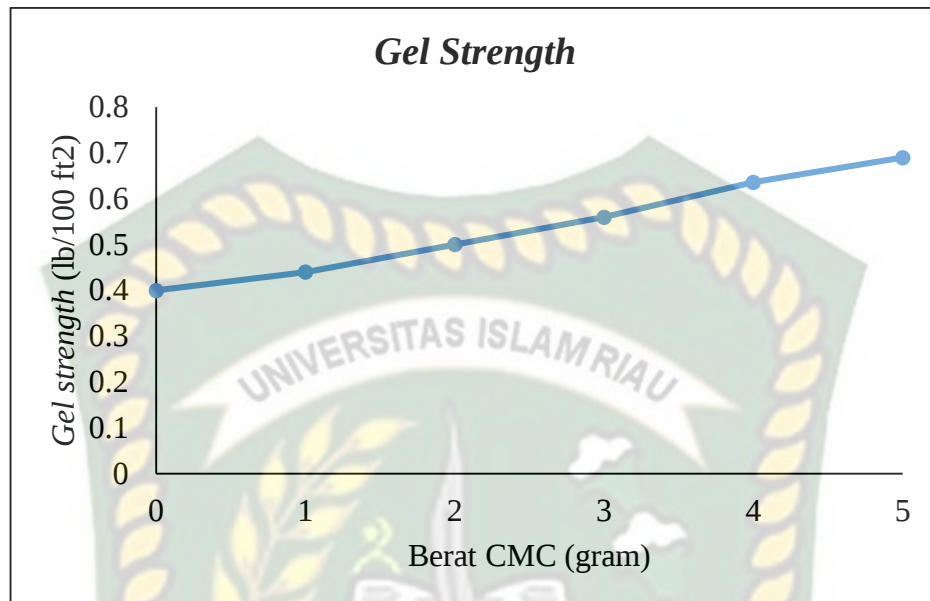
secara dinamik saat terjadinya sirkulasi lumpur (Rubiandini, 2009), dimana pada saat itu lumpur dapat membawa *cutting* seiring dengan terjadinya sirkulasi lumpur.

4.2.3. *Gel Strength*

Gel strength adalah nilai yang menunjukkan kemampuan lumpur untuk menahan, mengapungkan, atau mengangkat serpihan bor pada saat tidak dalam proses sirkulasi pemboran (Satiyawira, 2018). Sama halnya dengan pengujian *yield point*, alat yang digunakan untuk melakukan pengujian terhadap nilai *gel strength* adalah Fann VG Meter. Berikut merupakan tabel dan grafik diagram yang menunjukkan perbandingan nilai *gel strength* dari lumpur standar dan lumpur standar + CMC kulit nangka.

Tabel 4. 6 Hasil Pengamatan *Gel strength* Lumpur Standar dan Lumpur Standar + CMC Kulit Nangka

Komposisi Lumpur	<i>Gel strength</i> (lb/100 ft ²)	Peningkatan <i>Gel strength</i> Oleh Penambahan CMC (%)
Lumpur Standar (LS)	0,4	0
LS + 1 gram CMC KN	0,44	4
LS + 2 gram CMC KN	0,5	10
LS + 3 gram CMC KN	0,56	16
LS + 4 gram CMC KN	0,636	19,6
LS + 5 gram CMC KN	0,69	29



Gambar 4.3 *Gel Strength* vs. Berat CMC

Tabel 4.7 Perbandingan Hasil Pengujian *Gel Strength* dengan Standar Spesifikasi API 13A

Komposisi Lumpur	<i>Gel strength</i> (lb/100 ft ²)	Spesifikasi API 13A <i>Gel Strength</i>
Lumpur Standar (LS)	0,4	2/4 – 4/5 lb/100ft ² (0,67 – 0,8 lb/100ft ²)
LS + 1 gram CMC KN	0,44	2/4 – 4/5 lb/100ft ² (0,67 – 0,8 lb/100ft ²)
LS + 2 gram CMC KN	0,5	2/4 – 4/5 lb/100ft ² (0,67 – 0,8 lb/100ft ²)
LS + 3 gram CMC KN	0,56	2/4 – 4/5 lb/100ft ² (0,67 – 0,8 lb/100ft ²)
LS + 4 gram CMC KN	0,636	2/4 – 4/5 lb/100ft ² (0,67 – 0,8 lb/100ft ²)
LS + 5 gram CMC KN	0,69	2/4 – 4/5 lb/100ft ² (0,67 – 0,8 lb/100ft ²)

Berdasarkan hasil dari perhitungan pengujian *gel strength* pada tabel dan diagram di atas, nilai *gel strength* bergerak naik seiring dengan penambahan berat CMC kulit nangka pada lumpur pemboran, dengan rata-rata kenaikan *gel strength* per penambahan 1 gram CMC adalah sekitar 5%. Sama halnya dengan *yield point*, peningkatan *gel strength* juga disebabkan oleh adanya peningkatan viskositas yang berbanding lurus dengan peningkatan *gel strength* (Wardani, 2017). Hal ini berhubungan dengan fungsi dari *gel strength* itu sendiri, bahwa *gel strength* merupakan gaya tarik menarik pada fluida, dalam hal ini adalah lumpur pemboran, pada keadaan statis atau ketika tidak sedang dilakukannya sirkulasi (Rubiandini, 2009). Hubungan *gel strength* dan viskositas berpengaruh pada kemampuan lumpur untuk menahan *cutting* agar tidak terjatuh dan mengendap saat sirkulasi sedang dihentikan (B. Kurniawan, 2015). Berdasarkan spesifikasi API 13A (American Petroleum Institute, 2010), nilai standar *gel strength* berada pada nilai adalah 2/3 sampai 4/5 lb/100 ft², atau berada di nilai 0,67 hingga 0,8, sehingga jika dilihat dari hasil pengujian di atas nilai *gel strength* yang berada pada nilai standar spesifikasi API 13A berada pada sampel lumpur standar + CMC kulit nangka 5 gram.

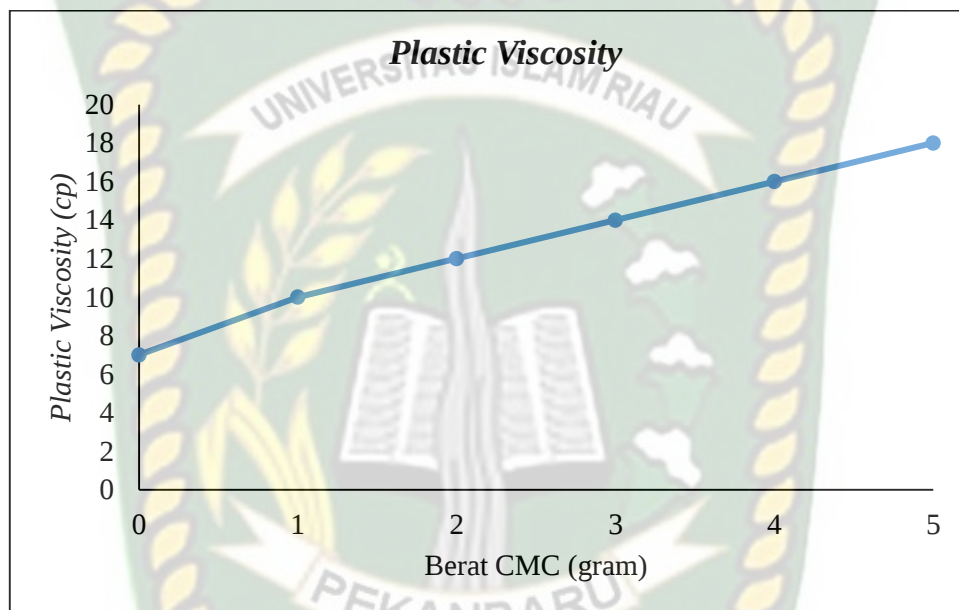
4.2.4. *Plastic Viscosity*

Plastic Viscosity adalah nilai yang mengukur gaya gesek dan tahanan terhadap aliran yang disebabkan oleh adanya gerakan antara padatan dan cairan dimana fasa tersebut berhubungan dengan konsentrasi padatan di dalam lumpur (Satiyawira, 2018). Sama halnya dengan pengujian *yield point* dan *gel strength*, alat yang digunakan untuk melakukan pengujian terhadap nilai *plastic viscosity* adalah Fann VG Meter. Berikut merupakan tabel dan grafik diagram yang menunjukkan perbandingan nilai *plastic viscosity* lumpur standar dan lumpur standar + CMC kulit nangka.

Tabel 4. 8 Hasil Pengamatan *Plastic Viscosity* Lumpur Standar dan Lumpur Standar + CMC Kulit Nangka

Komposisi Lumpur	<i>Plastic Viscosity</i> (cp)	Peningkatan <i>Plastic Viscosity</i> Oleh Penambahan CMC (%)
Lumpur Standar (LS)	7	0

LS + 1 gram CMC KN	10	42,8
LS + 2 gram CMC KN	12	71,4
LS + 3 gram CMC KN	14	100
LS + 4 gram CMC KN	16	128,57
LS + 5 gram CMC KN	18	157,14



Gambar 4. 4 *Plastic Viscosity* vs. Berat CMC

Tabel 4.9 Perbandingan Hasil Pengujian *Plastic Viscosity* dengan Standar Spesifikasi API 13A

Komposisi Lumpur	<i>Plastic Viscosity</i> (cp)	Spesifikasi API 13A <i>Plastic Viscosity</i>
Lumpur Standar (LS)	7	Minimum 10 cp
LS + 1 gram CMC KN	10	Minimum 10 cp
LS + 2 gram CMC KN	12	Minimum 10 cp
LS + 3 gram CMC KN	14	Minimum 10 cp
LS + 4 gram CMC KN	16	Minimum 10 cp
LS + 5 gram CMC KN	18	Minimum 10 cp

Terlihat dari hasil pengujian *plastic viscosity* pada tabel dan diagram di atas, peningkatan *plastic viscosity* cenderung stabil dengan penambahan per 1 gram CMC kulit nangka pada lumpur pemboran dengan rata-rata persentasi kenaikan mencapai 99,98% sehingga peningkatan pada diagram terlihat konstan. Hal ini disebabkan oleh adanya friksi mekanik akibat besaran area kontak yang terjadi antara partikel solid dengan fasa cair yang ada (Putra, 2015). Besaran nilai viskositas plastik dipengaruhi oleh kandungan dan ukuran padatan dimana semakin banyak jumlah padatan yang terkandung dan dibawa oleh lumpur maka viskositas lumpur akan semakin tinggi (Fitrianti, 2012). Hasil pengujian di atas tergolong masuk ke dalam spesifikasi standar nilai viskositas plastik lumpur pemboran pada suhu ruang, yaitu berada pada rentang 12 – 20 cp (Satiyawira, 2018). Sedangkan berdasarkan spesifikasi API 13A (American Petroleum Institute, 2010), jumlah minimum standar *plastic viscosity* adalah 10 cp, sehingga jika dilihat dari hasil pengujian di atas dapat dikatakan bahwa penambahan CMC kulit nangka pada lumpur standar dapat meningkatkan nilai *plastic viscosity* hingga di atas standar spesifikasi API 13A tersebut.

4.2.5. pH

Power of hydrogen (pH) merupakan suatu ukuran yang menyatakan derajat kadar keasaman atau kadar alkali dari suatu larutan yang diukur pada skalan 0 sampai 14 (Nugroho, 2013). Berikut ini merupakan tabel dan diagram grafik yang menunjukkan perbandingan pH dari kedua sampel CMC.

Tabel 4.10 Hasil Pengamatan pH Lumpur Standar dan Lumpur Standar + CMC Kulit Nangka

Komposisi Lumpur	pH
Lumpur Standar (LS)	8
LS + 1 gram CMC KN	8
LS + 2 gram CMC KN	8
LS + 3 gram CMC KN	8
LS + 4 gram CMC KN	8
LS + 5 gram CMC KN	8

Berdasarkan data tabel di atas, pH lumpur standar maupun lumpur standar + CMC kulit nangka melalui pengujian menggunakan kertas pH sama-sama memiliki pH 8. Nilai tersebut dapat dicapai karena CMC kulit nangka sudah melalui proses penetralan dengan perendaman sampel di dalam metanol setelah awalnya sudah melalui proses dengan menggunakan zat dengan sifat asam yang kuat.

Penggunaan lumpur dengan pH yang terlalu asam akan menyebabkan korosi pada rangkaian alat pemboran dan *cutting* yang dikeluarkan dari dalam lubang sumur akan hancur berbentuk lebih halus sehingga sulit untuk mendapatkan informasi dari *cutting* (Adham, Kurniawan, & Noerochim, 2016). Lumpur bor sebaiknya bersifat basa karena akan mudah bereaksi dibandingkan dengan lumpur yang memiliki sifat asam (Satiyawira, 2018).

4.2.6. Densitas

Densitas atau massa jenis merupakan pengukuran massa pada setiap satuan volume benda dimana semakin tinggi nilai massa jenis suatu benda maka makin besar pula nilai massa setiap volumenya (Saputra & Wicaksono, 2017). Pengukuran densitas skala laboratorium adalah dengan menggunakan alat *Mud Balance*. Berikut merupakan tabel pengukuran densitas lumpur standar dan lumpur standar + CMC kulit nangka.

Tabel 4.11 Hasil Pengamatan Densitas Lumpur Standar dan Lumpur Standar + CMC Kulit Nangka

Komposisi Lumpur	Densitas (ppg)
Lumpur Standar (LS)	8,6
LS + 1 gram CMC KN	8,6
LS + 2 gram CMC KN	8,6
LS + 3 gram CMC KN	8,6
LS + 4 gram CMC KN	8,6
LS + 5 gram CMC KN	8,6

Tabel 4.12 Perbandingan Hasil Pengujian Densitas dengan Standar Spesifikasi API 13A

Komposisi Lumpur	Densitas (ppg)	Spesifikasi API 13A Densitas
Lumpur Standar (LS)	8,6	Minimum 5 ppg
LS + 1 gram CMC KN	8,6	Minimum 5 ppg
LS + 2 gram CMC KN	8,6	Minimum 5 ppg
LS + 3 gram CMC KN	8,6	Minimum 5 ppg
LS + 4 gram CMC KN	8,6	Minimum 5 ppg
LS + 5 gram CMC KN	8,6	Minimum 5 ppg

Kenaikan densitas lumpur pada masing-masing sampel CMC terhadap penambahan beratnya cenderung konstan. Hal ini disebabkan oleh penambahan CMC kulit nangka yang tidak begitu besar jumlahnya sehingga tidak terlalu berpengaruh pada perubahan densitas lumpur. Dimana pada penelitian (Paramitha, Hartini, & Cahyanti, Margareta Novian, Akhirjulima, 2017), nilai densitas yang tidak meningkat secara signifikan atau bahkan tidak meningkat sama sekali diakibatkan oleh minimnya kemampuan adsorpsi suatu aditif yang diberikan pada sebuah material dasar. Dalam penelitian ini aditif tersebut adalah CMC kulit nangka dan material dasar tersebut adalah fluida lumpur pemboran.

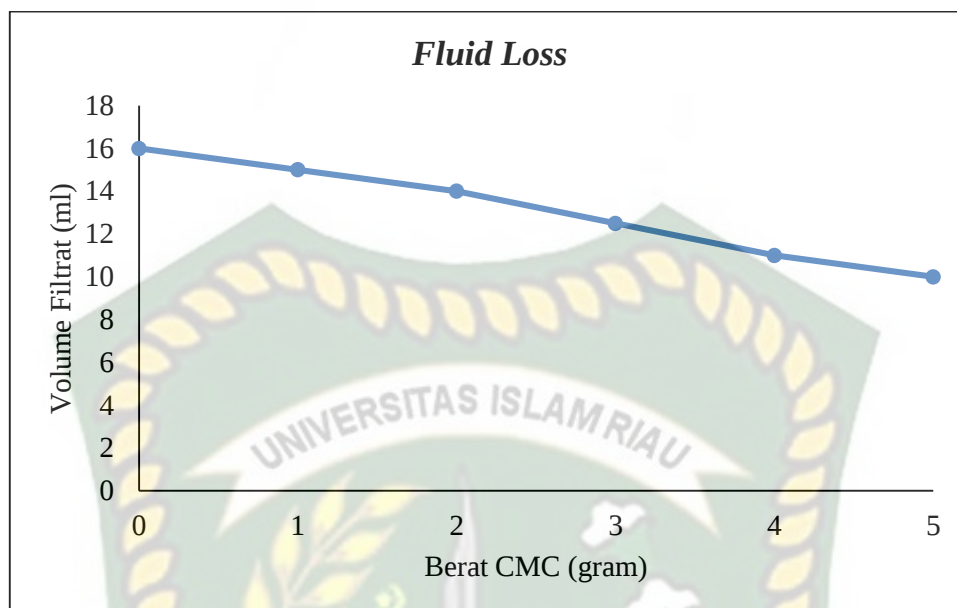
Spesifikasi nilai densitas standar lumpur pada suhu ruang berada di antara nilai 8,50 – 9,00 ppg, dimana jika densitas lumpur terlalu besar maka akan mengakibatkan lumpur hilang ke dalam formasi atau *loss circulation*, namun bila densitas lumpur terlalu kecil maka akan menyebabkan semburan liar atau *blow out* (Satiyawira, 2018). Maka penting untuk menyesuaikan nilai densitas dengan formasi yang akan ditembus. Sedangkan berdasarkan spesifikasi API 13A (American Petroleum Institute, 2010), jumlah minimum standar densitas adalah 5, sehingga jika dilihat dari hasil pengujian di atas dapat dikatakan bahwa penambahan CMC kulit nangka pada lumpur standar berada di atas nilai minimum standar spesifikasi API 13A tersebut.

4.2.7. Volume Filtration Loss

Filtration loss adalah fluida atau cairan yang hilang dari suatu komponen cair pada sistem lumpur pemboran yang kemudian masuk ke dalam formasi yang telah ditembus oleh mata bor (Fitrianti, 2012). *Filtration loss* dengan jumlah yang terlalu besar akan memberikan pengaruh buruk pada formasi ataupun lumpur pemboran itu sendiri karena hal ini dapat menyebabkan *formation damage* dimana terjadi pengurangan permeabilitas efektif pada minyak atau gas sehingga lumpur akan kehilangan banyak cairan (Arif et al., 2001). Berikut merupakan hasil pengujian *filtration loss* terhadap lumpur standar dan lumpur standar + CMC kulit nangka dengan menggunakan alat *Filter Press*.

Tabel 4. 13 Hasil Pengamatan Volume *Filtration loss* Lumpur Standar dan Lumpur Standar + CMC Kulit Nangka

Komposisi Lumpur	<i>Filtration loss</i> (ml)	Penurunan Volume <i>Filtration loss</i> Oleh Penambahan CMC (%)
Lumpur Standar (LS)	16	0
LS + 1 gram CMC KN	15	6,25
LS + 2 gram CMC KN	14	12,5
LS + 3 gram CMC KN	12,55	21,9
LS + 4 gram CMC KN	11	31,25
LS + 5 gram CMC KN	10	37,5



Gambar 4.5 Volume Filtrat vs. Berat CMC

Tabel 4.14 Perbandingan Hasil Pengujian Volume *Filtration Loss* dengan Standar Spesifikasi API 13A

Komposisi Lumpur	<i>Filtration loss</i> (ml)	Spesifikasi API 13A <i>Filtration Loss</i>
Lumpur Standar (LS)	16	Max. 15 ml
LS + 1 gram CMC KN	15	Max. 15 ml
LS + 2 gram CMC KN	14	Max. 15 ml
LS + 3 gram CMC KN	12,55	Max. 15 ml
LS + 4 gram CMC KN	11	Max. 15 ml
LS + 5 gram CMC KN	10	Max. 15 ml

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel dan diagram di atas, dapat disimpulkan bahwa penggunaan CMC kulit nangka pada lumpur pemboran berhasil meminimalisir jumlah volume filtrat yang berpisah dari lumpur pemboran hingga 37,5% pada penambahan CMC sebanyak 5 gram. Hal ini disebabkan oleh penambahan CMC yang bersifat mengikat air dan membentuk *gel* pada fasa cair (Bekti, Prasetyowati, & Haryati, 2019) dan meningkatkan viskositas lumpur pemboran. Berdasarkan spesifikasi (American Petroleum Institute, 2010) jumlah

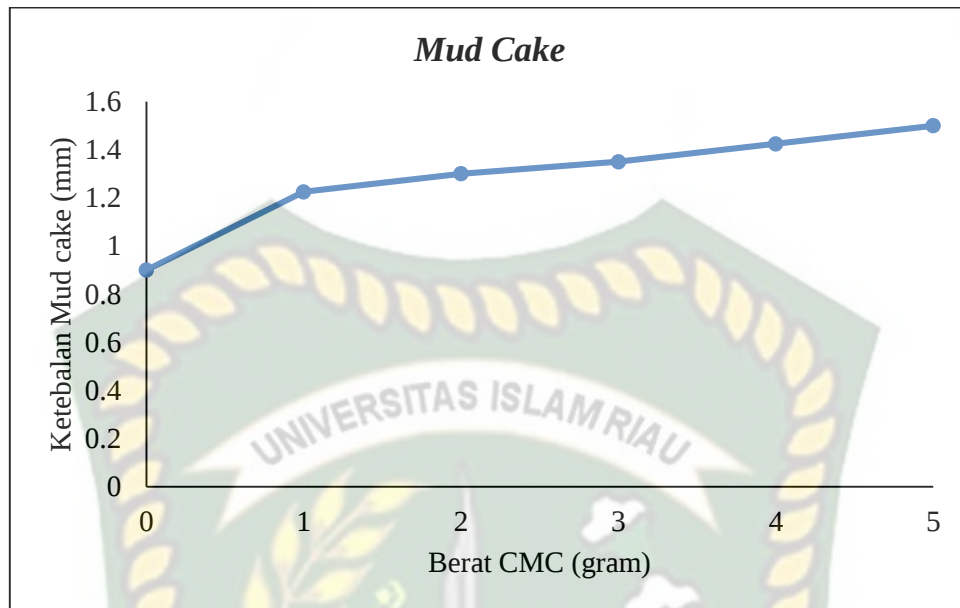
maksimum standar volume filtrasi adalah 15 ml, sehingga jika dilihat dari hasil pengujian di atas dapat dikatakan bahwa penambahan CMC kulit nangka pada lumpur efektif untuk mengurangi volume filtrasi dalam waktu 30 menit.

4.2.8. *Mud cake*

Mud cake merupakan padatan pada lumpur yang tertinggal di permukaan formasi yang berpori dimana filtrat lumpur tersebut sudah masuk ke dalam formasi (Raharja, Kasmungin, & Hamid, 2018). *Mud cake* sebaiknya berbentuk tipis sehingga tidak memperkecil diameter lubang bor (Arif et al., 2001). Berikut merupakan hasil pengujian *mud cake* terhadap lumpur standar dan lumpur standar + CMC kulit nangka dengan menggunakan alat *Filter Press*.

Tabel 4.15 Hasil Pengamatan *Mud cake* Lumpur Standar dan Lumpur Standar + CMC Kulit Nangka

Komposisi Lumpur	<i>Mud cake</i> (mm)	Penurunan Volume <i>Mud cake</i> Oleh Penambahan CMC (%)
Lumpur Standar (LS)	0,9	0
LS + 1 gram CMC KN	1,225	32,5
LS + 2 gram CMC KN	1,3	40
LS + 3 gram CMC KN	1,35	45
LS + 4 gram CMC KN	1,425	52,5
LS + 5 gram CMC KN	1,5	60



Gambar 4. 6 *Mud cake* vs. Berat CMC

Berdasarkan hasil pengujian *mud cake* yang dapat dilihat pada tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa penggunaan CMC kulit nangka pada lumpur standar dapat meningkatkan ketebalan *mud cake* dengan rata-rata penambahan persentasi ketebalan sekitar 20%. Berdasarkan (Mursyidah, Hadziqoh, Septian, & Khalid, 2019), ketebalan ideal maksimum *mud cake* adalah 3/8 inch atau 9,525 mm. Sehingga bila dibandingkan dengan penambahan CMC pada lumpur standar, hasil pengujian masih jauh berada di bawah nilai maksimum pada penelitian sebelumnya. Peningkatan ketebalan *mud cake* ini disebabkan oleh sifat CMC yang dapat merubah fasa cair menjadi *gel* sehingga mengikat air beserta padatannya pada fasa cair (Bekti et al., 2019).

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian penggunaan CMC kulit nangka terhadap pengaruh rheologi lumpur pemboran sebagai alternatif pengganti CMC industri, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan penambahan CMC kulit nangka berpengaruh terhadap nilai rheologi lumpur pemboran, dimana penambahan CMC hingga berat 5 gram dapat meningkatkan nilai *viscosity time* hingga 3 kali lipat dan nilai *yield point* hingga 2 kali lipat, serta mengurangi jumlah volume filtrat hingga 37,5%, dan per 1 gram penambahan CMC pada lumpur standar dapat meningkatkan persentasi nilai *gel strength* 5% dan nilai *plastic viscosity* hingga 99,98% serta meningkatkan ketebalan *mud cake* dengan rata-rata persentasi penebalannya hingga 20%.
2. Penambahan *additive* CMC kulit nangka berpengaruh terhadap peningkatan *viscosity time* karena terjadinya proses alkalisasi pada serat tanaman kulit nangka yang mengakibatkan adanya perekahan pada struktur tanaman sehingga meningkatkan daya serap (*adsorb*) selulosa seiring dengan adanya peningkatan viskositas. Peningkatan *yield point* dipengaruhi oleh banyaknya kondisi total padatan yang terkandung di dalam lumpur pemboran. Penurunan jumlah volume filtrat dan ketebalan *mud cake* disebabkan oleh penambahan CMC yang bersifat mengikat air dan membentuk gel pada fasa cair dan meningkatkan viskositas lumpur pemboran. pH sampel bernilai konstan sebelum dan sesudah ditambahkan CMC kulit nangka disebabkan karena sampel CMC sudah melewati proses netralisasi pH dengan menggunakan *methanol*.
3. Nilai *yield point/viscosity plastic*, *plastic viscosity*, densitas, dan volume maksimum filtrat yang diperoleh dari penambahan 1 gram hingga 5 gram CMC kulit nangka sesuai dengan standar spesifikasi API 13A. Sedangkan nilai standar *gel strength* berada pada nilai adalah 2/3 sampai 4/5 lb/100 ft²,

atau berada di nilai 0,67 hingga 0,8, sehingga jika dilihat dari hasil pengujian, nilai *gel strength* yang berada pada nilai standar spesifikasi API 13A berada pada penambahan sampel sebanyak 5 gram.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian di atas diharapkan pada penelitian selanjutnya untuk melanjutkan pengujian terhadap rheologi lumpur pemboran dengan menambahkan NaOH pada sampel untuk menaikkan pH hingga mencapai nilai 9 dan melakukan pengujian *shear stress* dan *shear rate* terhadap penambahan CMC kulit nangka pada lumpur pemboran.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu-Jdayil, B., & Ghannam, M. (2014). The Modification of Rheological Properties of Sodium *Bentonite*-Water Dispersions with Low Viscosity CMC Polymer Effect. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 36(10), 1037–1048.
- Agung, A., & Hamid, A. (2015). Pengaruh Temperatur Tinggi Setelah Hot Roller Terhadap Rheologi Lumpur Saraline 200 Pada Berbagai Komposisi. *Seminar Nasional Cendekiawan 2015*, 18lo.ol3–193.
- Agustono, B., Lamid, M., Ma'ruf, A., & Purnama, M. T. E. (2017). Identifikasi Limbah Pertanian dan Perkebunan Sebagai Bahan Pakan Inkonsvensional di Banyuwangi. *Jurnal Medik Veteriner*, 1(1), 12–22.
- Agustriono, F. R., & Hasanah, A. N. (2016). Review Pemanfaatan Limbah sebagai Bahan Baku Sintesis Karboksimetil Selulosa. *Farmaka*, 14(3), 87–94.
- American Petroleum Institute. (2010). *API Specification 13A 18th Edition*.
- Arif, L., Sudarmoyo, Buntoro, A., & S, R. R. R. (2001). Penelitian Sifat-Sifat Rheologi Lumpur Filtrasi Rendah. *Proceeding Simposium Nasional IATMI*, 67, 3–5.
- Bekti, E., Prasetyowati, Y., & Haryati, S. (2019). Berbagai Konsentrasi Cmc (Carboxyl Methyl Cellulose) Terhadap Sifat Fisikokimia Dan Organoleptik Selai Labu Siam (*Sechium Edule*), 4(59184), 1–12.
- Benyounes, K., Mellak, A., & Benchabane, A. (2010). The Effect of Carboxymethylcellulose and Xanthan on The Rheology of *Bentonite* Suspensions. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 32(17), 1634–1643.
- Candido, R. G., & Gonçalves, A. R. (2016). Synthesis of Cellulose Acetate and Carboxymethylcellulose From Sugarcane Straw. *Carbohydrate Polymers*, 152, 679–686.
- Elkatatny, S., Tariq, Z., & Mahmoud, M. (2016). Real Time Prediction of Drilling Fluid Rheological Properties Using Artificial Neural Networks Visible Mathematical Model (White Box). *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 146, 1202–1210.
- Fink, J. K. (2012). *Petroleum Engineer's Guide to Oil Field Chemicals and Fluids*, 1: 1-42. Elsevier, GPP, New York.

- Fitrianti, F. (2012). Pengaruh Lumpur Pemboran Dengan Emulsi Minyak Terhadap Kerusakan Formasi Batu Pasir Lempungan (Analisa Uji Laboratporium). *Journal of Earth Energy Engineering*, 1(1), 67–79.
- Günister, E., İşçi, S., Öztekin, N., Erim, F. B., Ece, Ö. I., & Güngör, N. (2006). Effect of Cationic Surfactant Adsorption on The Rheological and Surface Properties of *Bentonite* Dispersions. *Journal of Colloid and Interface Science*, 303(1), 137–141.
- Heinze, T., & Koschella, A. (2005). Carboxymethyl Ethers of Cellulose and Starch—A Review. In *Macromolecular Symposia* (Vol. 223, pp. 13–40). Wiley Online Library.
- Herzhaft, B., Peysson, Y., Isambourg, P., Delepouille, A., & Abdoulaye, T. (2001). Rheological Properties of Drilling Muds in Deep Offshore Conditions. In *SPE/IADC drilling conference*. Society of Petroleum Engineers.
- Houwen, O. H. (1993). Chemical Characterization of CMC And Its Relationship to Drilling-Mud Rheology and Fluid Loss. *SPE Drilling & Completion*, 8(03), 157–164.
- Hughes, T. L., & Houwen, O. H. (1993). Chemical Characterization of CMC and Its Relationship to Drilling-Mud Rheology and Fluid Loss. *Schlumberger Cambridge Research*, (September).
- Joshi, G., Naithani, S., Varshney, V. K., Bisht, S. S., Rana, V., & Gupta, P. K. (2015). Synthesis and Characterization Of Carboxymethyl Cellulose From Office Waste Paper: A Greener Approach Towards Waste Management. *Waste Management*, 38, 33–40.
- Kafashi, S., Rasaei, M., & Karimi, G. (2017). Effects of Sugarcane and Polyanionic Cellulose on Rheological Properties of Drilling Mud: An Experimental Approach. *Egyptian Journal of Petroleum*, 26(2), 371–374.
- Kinate, B. B., & Cornelius, W. (n.d.). Preparation and Characterization of Carboxymethyl Cellulose (CMC) from Cassava peels, Irish Potato, Yam Peels.
- Kurniawan, B. (2015). *EVALUASI DAN PENANGGULANGAN LOSS SIRKULASI PADA PEMBORAN SUMUR PANAS BUMI “B-1 ” LAPANGAN “K.”* Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta.
- Kurniawan, H. N. A., Kumalaningsih, S., & Febrianto, A. (2013). Pengaruh Penambahan Konsentrasi Microbacter Alfaafa-11 (Ma-11) dan Penambahan Urea Terhadap Kualitas Pupuk Kompos Dari Kombinasi Kulit dan Jerami Nangka dengan Kotoran Kelinci (The Effect Of Microbacter Alfaafa-11 (Ma-11) Concentrate Addition And Urea-Based Fertilizer Addition On Quality Of Compost Fertilizer).

- Li, M.-C., Wu, Q., Song, K., Qing, Y., & Wu, Y. (2015). Cellulose Nanoparticles As Modifiers For Rheology And Fluid Loss in *Bentonite* Water-Based Fluids. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 7(8), 5006–5016.
- Menezes, R. R., Marques, L. N., Campos, L. A., Ferreira, H. S., Santana, L. N. L., & Neves, G. A. (2010). Use of Statistical Design to Study The Influence of CMC on The Rheological Properties of *Bentonite* Dispersions For Water-Based Drilling Fluids. *Applied Clay Science*, 49(1–2), 13–20.
- Moreira, P. H. S. S., de Oliveira Freitas, J. C., Braga, R. M., Araújo, R. M., & de Souza, M. A. F. (2018). Production of Carboxymethyl Lignin From Sugar Cane Bagasse: A Cement Retarder Additive For Oilwell Application. *Industrial Crops and Products*, 116, 144–149.
- Mursyidah, Hadziqoh, N., Septian, R., & Khalid, I. (2019). Pengaruh Ukuran Partikel Aditif Biomass Activated. *Prosiding Seminar Nasional Fisika Universitas Islam Riau IV*, (September), 978–979.
- Novrianti, Khalid, I., & Melysa, R. (2014). Performance Analysis Of Local Pekanbaru *Bentonite* For Reactive Solid Application Of Mud Drilling. *Journal of Earth Energy Engineering*, 6(1), 23–32.
- Novrianti, N., & Umar, M. (2015). Optimasi Hidrolika Lumpur Pemboran Menggunakan Api Modified Power Law Pada Hole 8½ Sumur X Lapangan Mir. *Journal of Earth Energy Engineering*, 4(2), 15–28.
- Nugroho, C. (2013). Pengaruh Mengkonsumsi Buah Nanas Terhadap pH Saliva Pada Santriwati Usia 12-16 Tahun Pesantren Perguruan Sukahideng Kabupaten Tasikmalaya. *Journal ARSA*, 11.
- Nur, R. (2016). Sintesis dan Karakterisasi CMC (Carboxymethyl Cellulose) yang Dihasilkan dari Selulosa Jerami Padi. *Jurnal Sains Dan Teknologi Pangan*, 1(3).
- Nurviqah, C. (2019). Pembuatan Karboksimetil Selulosa (Cmc) Dari Selulosa Kulit Nangka Muda (*Artocarpus Heterophyllus*) dan Aplikasinya Pada Pembuatan Selai Nanas (*Ananas Comosus*).
- Obele, C. M., Ewulonu, C. M., & Ogbuagua, J. O. (2017). Synthesis and Characterization of Carboxymethyl Cellulose from Cassava Stem (*Manihot esculenta*). *Lignocellulose*.
- Paramitha, P. P., Hartini, S., & Cahyanti, Margareta Novian, Akhirjulima, R. (2017). Penurunan Kadar Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) Pada Smooth Fluid 05 Menggunakan CLay Teraktivasi H₃PO₄. *Seminar Nasional MIPA*.

- Pratama, R. D., Farid, M., Nurdiansah, H., Teknik, D., Industri, F. T., & Sepuluh, I. T. (2017). Pengaruh Proses Alkalisasi terhadap Morfologi Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk. *JURNAL TEKNIK ITS*, 6(2), 250–254.
- Pushpamalar, V., Langford, S. J., Ahmad, M., & Lim, Y. Y. (2006). Optimization of Reaction Conditions For Preparing Carboxymethyl Cellulose From Sago Waste. *Carbohydrate Polymers*, 64(2), 312–318.
- Putra, B. S. (2015). *Studi Laboratorium Pengaruh Cl- Terhadap Sifat Rheologi Lumpur Non Dispersi pada Temperatur Tinggi*. Trisakti University.
- Rachtanapun, P., Luangkamin, S., Tanprasert, K., & Suriyatem, R. (2012). Carboxymethyl Cellulose Film From Durian Rind. *LWT-Food Science and Technology*, 48(1), 52–58.
- Raharja, R., Kasmungin, S., & Hamid, A. (2018). Analisis Rheologi Lumpur Lignosulfonat Dengan Penambahan LCM Berbahan Serbuk Gergaji, Batok, Dan Sekam Berbagai Temperatur. *Jurnal OFFSHORE*, 2(2), 33–42.
- Raj, A. A., & Ranganathan, T. V. (2018). Characterization of Cellulose From Jackfruit (*Artocarpus Integer*) Peel. *J Pharm Res*, 12, 311–315.
- Rismayani, L. (2014). Optimasi Formula dan Pengujian Sifat Fisik Oil Based Mud Drilling.
- Rubiandini, R. (2009). Teknik Operasi Pemboran Vol. 1. *Penerbit: ITB, Bandung*.
- Saputra, A. T., & Wicaksono, M. A. (2017). Biodiesel Menggunakan Katalis Zeolit Alat Teraktivasi Utilization Of Used Oil For Biodiesel Manufacturing Using Zeolite Activated Catalyst. *Chemurgy*, 01(2), 2–7.
- Satiyawira, B. (2018). Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Fisik Sistem Low Solid Mud Dengan Penambahan Aditif Biopolimer Dan Bentonite Extender. *Jurnal Petro*, VII(4), 144–151.
- Singh, R. K., & Singh, A. K. (2013). Optimization of Reaction Conditions For Preparing Carboxymethyl Cellulose From Corn Cob Agricultural Waste. *Waste and Biomass Valorization*, 4(1), 129–137.
- Wardani, R. (2017). Evaluasi Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Fisik Lumpur KCL- Polymer Untuk Sumur “X” Lapangan “Y” Pada Lubang 17 1/2". *Jurnal Petro*, VI(4), 130–137.
- Wijayanto, S. O., & Bayuseno, A. . (2014). Analisis Kegagalan Material Pipa Ferrule Nickel Alloy N06025 Pada Waste Heat Boiler Akibat Suhu Tinggi

Berdasarkan Pengujian: Mikrografi Dan Kekerasan. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(1), 33–39.



Dokumen ini adalah Arsip Mlik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau