

**PENGARUH ASAM ORGANIK HASIL *PYROLYSIS*
CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI PEREDUKSI *SCALE*
PADA PIPA DISTRIBUSI**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna penyusunan tugas akhir Program Studi Teknik Perminyakan

Oleh

YOGI ANDRIKA

NPM 153210510



PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2020

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Proposal : Pengaruh Asam Organik Hasil *Pyrolysis* Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Pereduksi *Scale* Pada Pipa Distribusi

Kelompok Keahlian : Teknik Produksi

Pengusul

- a. Nama : Yogi Andrika
- b. NPM : 153210510
- c. IPK : 3.04
- d. Nomor Hp : 085365415576
- e. Alamat Surel (*email*) : yogiandrika17@student.uir.ac.id

Lama Penelitian : Enam Bulan

Pekanbaru, 05 Februari 2020

Dosen Pembimbing PEKANBARU Pengusul,

(Dr. Mursyidah, M,Sc)

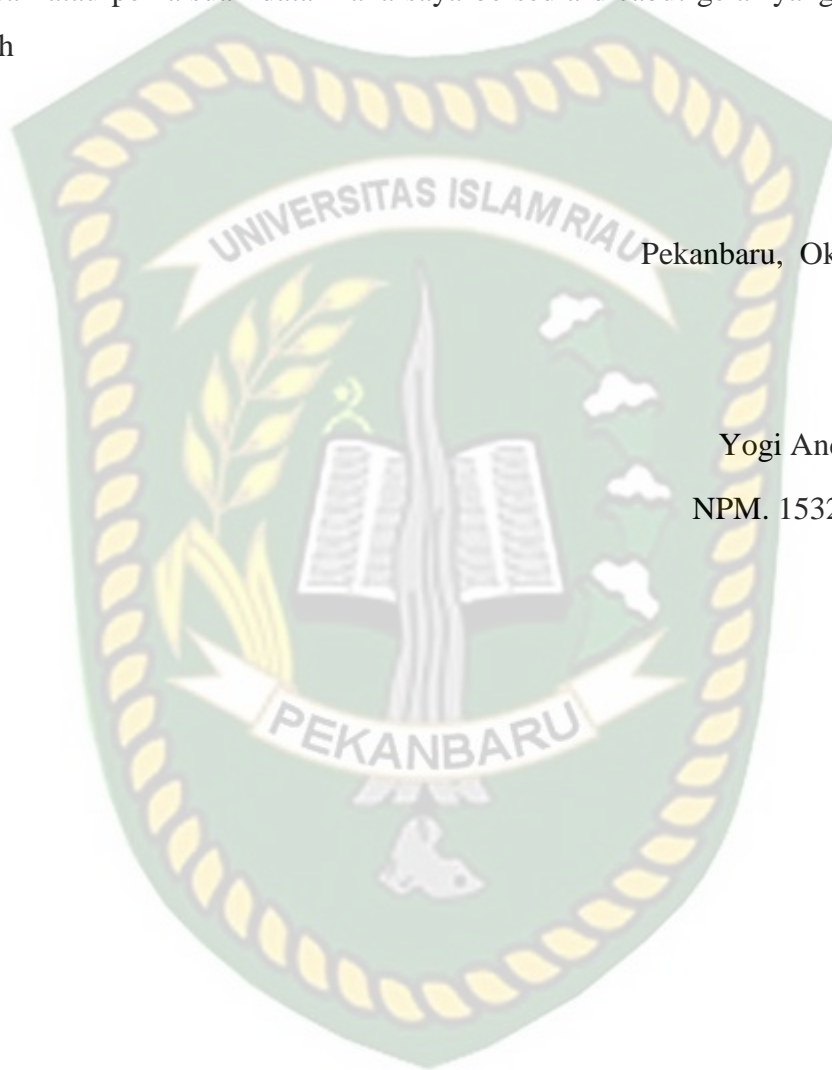
(Yogi Andrika)

NIDN : 1013056902

NPM : 153210510

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya sendiri dan semua sumber yang tercantum didalamnya baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar sesuai ketentuan. Jika terdapat unsur penipuan atau pemalsuan data maka saya bersedia dicabut gelar yang telah saya peroleh



Pekanbaru, Oktober 2020

Yogi Andrika

NPM. 153210510

KATA PENGANTAR

Rasa syukur saya ucapkan kepada Allah SubhannahuwaTa'ala karena atas rahmat dan karunia-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 saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini serta memperoleh ilmu pengetahuan selama kuliah. Tanpa bantuan mereka tentu akan sulit rasanya untuk mendapatkan gelar sarjana teknik ini. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Dr. Mursyidah, M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir yang saya kerjakan.
2. Ketua Prodi Ibu Novia Rita, S.T.,M.T dan sekretaris Prodi Bapak Tomi Erfando S.T., M.T serta dosen-dosen yang banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan, dan dukungan yang telah diberikan.
3. Ibu Hj. Fitrianti S.T M.T selaku pembimbing akademik yang telah memberikan arahan, nasihat, penyemangat selama menjalankan perkuliahan di Teknik Perminyakan.
4. Kedua orang tua Bapak Nurzaman dan Ibu Lispayeni, Abang saya Riki Nuryanto dan Adik Indah Sri Nuryani yang selalu menyemangati dan memberikan dukungan baik berupa moril maupun materil hingga saat ini.
5. Keluarga besar saya Omak, Ibu, Etek, Om, Apak, Uda, Uni dan Adik-adik yang telah memberikan dukungan dan nasehat sampai saat ini.
6. Terimakasih untuk teman-teman yang tidak dapat saya sebutkan namanya satu persatu yang telah membantu, menolong, memberi semangat dan memberi motivasinya.
7. Terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu, mensupport dan mendoakan hingga tugas akhir ini selesai.

Teriring doa saya, semoga Allah SWT memberikan balasan atas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Skripsi ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan

Pekanbaru, Oktober 2020

Yogi Andrika



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
DAFTAR SIMBOL	xii
DAFTAR SINGKATAN.....	xiii
ABSTRAK	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN	2
1.3 MANFAAT PENELITIAN	3
1.4 BATASAN MASALAH	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 PENGERTIAN <i>SCALE</i>	4
2.2 JENIS DAN FAKTOR PEMBENTUKAN <i>SCALE</i>	6
2.3 PENANGGULANGAN <i>SCALE</i>	6
2.3.1 <i>INJEKSI INHIBITOR</i>	7
2.3.2 <i>ACIDIZING</i>	8
2.4 ASAM ORGANIK CANGKANG KELAPA SAWIT.....	9
2.5 <i>STATE OF THE ART</i>	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 URAIAN METODOLOGI PENELITIAN	13
3.2 DIAGRAM ALIR PENELITIAN	14
3.3 ALAT, BAHAN DAN PROSEDUR.....	15

3.3.1 ALAT	15
3.3.2 BAHAN	15
3.3.3 PROSEDUR PENGUJIAN KANDUNGAN <i>SCALE</i> MENGGUNAKAN <i>X-RAY FLUOROSENCE</i> (XRF).....	15
3.3.4 PROSEDUR PEMBUATAN ASAM ORGANIK DARI CANGKANG KELAPA SAWIT MELALUI PROSES <i>PYROLYSIS</i> ..	15
3.3.5 PROSEDUR PENGUJIAN KOMPONEN ASAM ORGANIK HASIL <i>PYROLYSIS</i> CANGKANG KELAPA SAWIT	16
3.3.6 PROSEDUR PENGUJIAN ASAM ORGANIK HASIL <i>PYROLYSIS</i> CANGKANG KELAPA SAWIT TERHADAP WAKTU MEREDUKSI <i>SCALE</i> (5, 10, 15 DAN 20 MENIT)	17
3.3.7 PROSEDUR PENGUJIAN ASAM KLORIDA (HCl) MENGGUNAKAN KONSENTRASI 5 %, 10 % DAN 15 % TERHADAP WAKTU MEREDUKSI <i>SCALE</i> (5, 10, 15 DAN 20 MENIT)	17
3.4 ANALISIS HASIL	17
3.5 TEMPAT PENELITIAN	18
3.6 TEMPAT PENGAMBILAN SAMPEL	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 ANALISIS SENYAWA KIMIA ASAM ORGANIK HASIL <i>PYROLYSIS</i> CANGKANG KELAPA SAWIT	19
4.2 ANALISIS KOMPONEN KIMIA <i>SCALE</i> MENGGUNAKAN <i>X-RAY FLUORESCENCE SPECTROMETER</i> (XR-F)	21
4.3 PENGUJIAN REDUKSI <i>SCALE</i>	22
4.3.1 REDUKSI <i>SCALE</i> MENGGUNAKAN ASAM ORGANIK HASIL <i>PYROLYSIS</i> CANGKANG KELAPA SAWIT	23
4.3.2 REDUKSI <i>SCALE</i> MENGGUNAKAN ASAM KLORIDA (HCl) KONSENTRASI 5 %, 10 % DAN 15 %	25
4.4 ANALISIS PERBANDINGAN REDUKSI <i>SCALE</i> MENGGUNAKAN ASAM ORGANIK HASIL <i>PYROLYSIS</i> CANGKANG KELAPA SAWIT DAN ASAM KLORIDA (HCl) KONSENTRASI 5 %, 10 % DAN 15 %	30
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	33
5.1 KESIMPULAN	33
5.1 SARAN	33

DAFTAR PUSTAKA..... 34
LAMPIRAN..... 37



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Endapan <i>scale</i> yang menempel pada pipa	5
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	14
Gambar 3.2 Reaktor <i>Pyrolysis</i>	16
Gambar 4. 1 Grafik senyawa kimia asam organik hasil <i>pyrolysis</i> cangkang kelapa sawit menggunakan GC-MS	19
Gambar 4. 2 Pengujian reduksi <i>scale</i> dengan (a. asam organik cangkang kelapa sawit, b. HCl 5 %, c. HCl 10 % dan d. HCl 15 %)	23
Gambar 4. 3 Grafik pengaruh asam organik hasil <i>pyrolysis</i> cangkang kelapa sawit terhadap reduksi <i>scale</i>	25
Gambar 4. 4 Grafik pengaruh HCl konsentrasi 5 % terhadap reduksi <i>scale</i>	26
Gambar 4. 5 Grafik pengaruh HCl konsentrasi 10 % terhadap reduksi <i>scale</i>	28
Gambar 4. 6 Grafik pengaruh HCl konsentrasi 15 % terhadap reduksi <i>scale</i>	29
Gambar 4. 7 Grafik perbandingan reduksi <i>scale</i> menggunakan asam organik hasil <i>pyrolysis</i> cangkang kelapa sawit dengan HCl konsentrasi 5 %, 10 % dan 15 %	30

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis dan faktor pembentukan <i>scale</i>	6
Tabel 2.2 Penanganan <i>scale</i> dengan penginjeksian bahan kimia	8
Tabel 2.3 Senyawa kimia cangkang kelapa sawit (Haji, 2013).....	10
Tabel 4. 1 Senyawa kimia dominan asam organik hasil <i>pyrolysis</i> cangkang kelapa sawit menggunakan GC-MS.....	20
Tabel 4. 2 Komponen kimia dalam <i>scale</i>	22
Tabel 4. 3 Nilai pH asam organik hasil <i>pyrolysis</i> cangkang kelapa sawit dan HCL	23
Tabel 4. 4 Pengaruh asam organik <i>pyrolysis</i> cangkang kelapa sawit terhadap reduksi <i>scale</i>	24
Tabel 4. 5 Pengaruh HCL konsentrasi 5 % terhadap reduksi <i>scale</i>	26
Tabel 4. 6 Pengaruh HCl konsentrasi 10 % terhadap reduksi <i>scale</i>	27
Tabel 4. 7 Pengaruh HCl konsentrasi 15 % terhadap reduksi <i>scale</i>	28

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pembuatan konsentrasi asam klorida (HCl).....	37
Lampiran 2 Perhitungan reduksi <i>scale</i> dan persentase.....	38
Lampiran 3 Gambar hasil penelitian	42
Lampiran 4 Data analisis tabel senyawa kimia asam organik hasil <i>pyrolysis</i> cangkang kelapa sawit	42
Lampiran 5 Data analisis kandungan kimia <i>scale</i> menggunakan X-RF	47



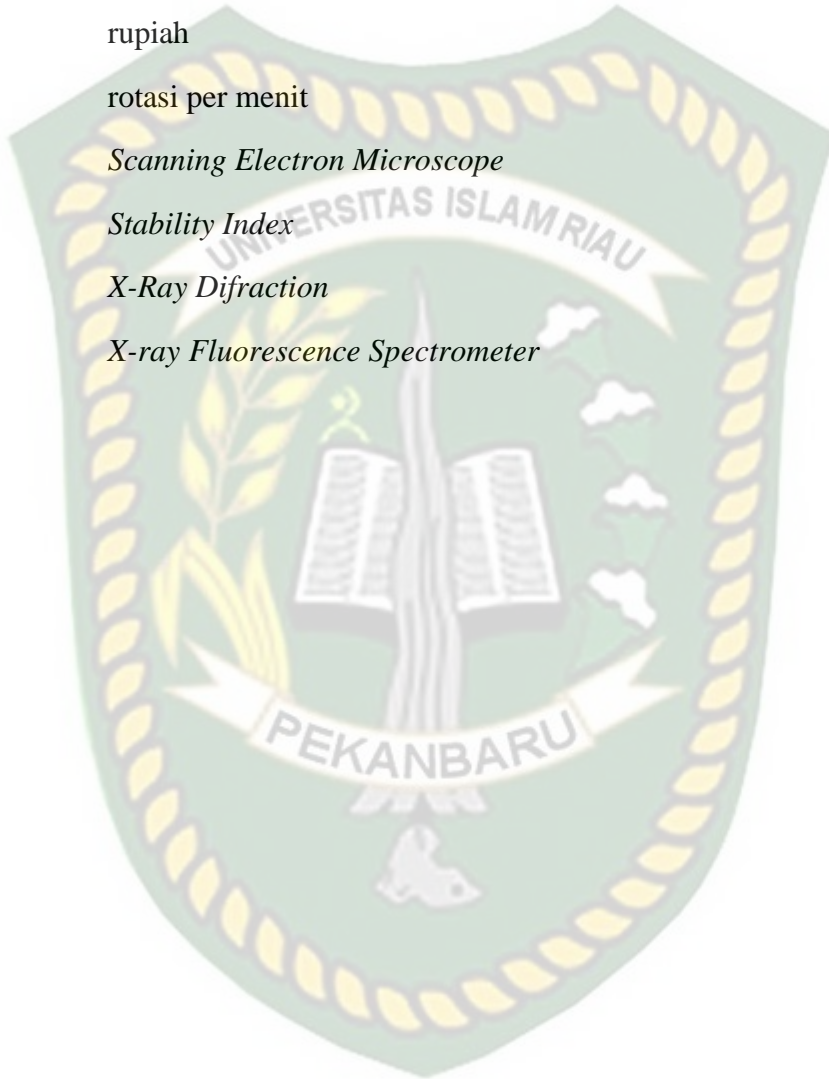
DAFTAR SIMBOL

%	<i>Percent</i>
μm	<i>micro meter</i>
ml	mili liter
mm	mili meter
gr	gram
$^{\circ}\text{c}$	<i>Derajat celcius</i>
kg	kilo gram



DAFTAR SINGKATAN

GC-MS	<i>Gas Mass Spectrophotometri</i>
pH	<i>power of Hydrogen</i>
PSA	<i>Particle Size Analyzer</i>
Rp	rupiah
rpm	rotasi per menit
SEM	<i>Scanning Electron Microscope</i>
SI	<i>Stability Index</i>
X-RD	<i>X-Ray Difrraction</i>
X-RF	<i>X-ray Fluorescence Spectrometer</i>



**PENGARUH ASAM ORGANIK HASIL *PYROLYSIS* CANGKANG
KELAPA SAWIT SEBAGAI PEREDUKSI *SCALE* PADA PIPA
DISTRIBUSI**

YOGI ANDRIKA

153210510

ABSTRAK

Scale pada pipa distribusi merupakan permasalahan yang mengganggu dan berdampak pada sistem pemipaan yang berada di *surface* baik itu di *flowline*, *production line* hingga ke *gathering station*. *Scale* dapat terbentuk karena kandungan berbagai senyawa yang mengendap akibat perubahan tekanan, suhu atau pH yang melepaskan karbon dioksida terlarut (CO₂) dari larutan. Pada umumnya mereduksi *scale* di lapangan minyak menggunakan asam anorganik seperti HCl, H₂SO₄ dan campuran HCl dan CuSO₄.

Pada penelitian ini asam yang digunakan adalah asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit dan dibandingkan dengan HCl. Analisis yang dilakukan terhadap kandungan asam organik menggunakan GC-MS didapatkan 76 senyawa kimia, diantara 76 senyawa kimia tersebut terdapat 12 senyawa kimia yang dominan. Persentase senyawa asamnya sebesar 13.24 %, yaitu *formic acid*, *carbomic acid* dan *acetic acid* dengan pH = 2.8. Adanya senyawa asam ini dalam asam organik dapat mengikis dan mereduksi sampel *scale* yang diperoleh dari pipa distribusi lapangan X. Hasil pengujian komponen kimia sampel *scale* menggunakan XR-F didapatkan 12 komponen kimia dalam *scale* lapangan X dan dominannya adalah Barium sebesar 48,2 %. Pengaruh asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit sebagai pereduksi *scale* dilakukan dengan cara menimbang massa *scale* sebelum direndam dan setelah direndam dengan asam organik berdasarkan waktu.

Untuk 5 menit persentase *scale* tereduksi sebesar 13.837 %, 10 menit sebesar 17.477 %, 15 menit sebesar 20.876 % dan 20 menit sebesar 22.456 %. Setelah dibandingkan dengan pengujian terhadap reduksi *scale* menggunakan HCl dengan variasi konsentrasi 5, 10 dan 15 % diperoleh bahwa reduksi *scale* menggunakan asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit setara dengan reduksi *scale* menggunakan HCl 5 % selama waktu 20 menit. HCl 5 % merupakan asam kuat dengan pH = 0.3. Hasil penelitian asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit ini dapat direkomendasikan sebagai pereduksi *scale* pengganti HCl 5 % dengan waktu 20 menit. Penggunaan asam organik dapat mengurangi pemakaian HCl, karena HCl 5 % merupakan asam kuat yang menyebabkan dampak negatif terhadap pipa distribusi. Sedangkan asam organik merupakan asam lemah karena berasal dari tumbuhan yang bersifat alami.

Kata Kunci: Asam Organik, Cangkang Kelapa Sawit, *Pyrolysis*, Reduksi *scale*, *Scale*.

THE EFFECT OF ORGANIC ACID PRODUCED BY PYROLYSIS OF PALM OIL AS A SCALE REDUCTION ON DISTRIBUTION PIPES

YOGI ANDRIKA

153210510

ABSTRACT

Scale on the distribution pipe is a problem that disturbs and affects the piping system on the surface, be it in the flowline, production line to the gathering station. Scales can be formed due to the content of various compounds that precipitate due to changes in pressure, temperature or pH which release dissolved carbon dioxide (CO₂) from solution. In general, reducing the scale in the oil field using inorganic acids such as HCl, H₂SO₄ and a mixture of HCl and CuSO₄.

In this study, the acid used was organic acid from the pyrolysis of oil palm shells and compared with HCl. Analysis carried out on organic acid content using GC-MS found 76 chemical compounds, among the 76 chemical compounds there were 12 dominant chemical compounds. The percentage of acidic compounds is 13.24%, namely formic acid, carbomic acid and acetic acid with pH = 2.8. The presence of these acid compounds in organic acids can erode and reduce the scale samples obtained from the X field distribution pipe. The test results of the chemical components of the sample scale using XR-F found 12 chemical components in the X field scale and the dominant is Barium of 48.2%. The effect of organic acid resulting from oil palm shell pyrolysis as a scale reduction was carried out by weighing the scale mass before soaking and after soaking with organic acid based on time.

For 5 minutes the reduced scale percentage is 13,837%, 10 minutes 17,477%, 15 minutes 20,876% and 20 minutes 22,456%. After comparing with the test of scale reduction using HCl with various concentrations of 5, 10 and 15%, it was found that scale reduction using organic acids from oil palm shell pyrolysis was equivalent to scale reduction using 5% HCl for 20 minutes. 5% HCl is a strong acid with a pH = 0.3. The results of this research on organic acids resulting from oil palm shell pyrolysis can be recommended as a scale reducer to replace 5% HCl in 20 minutes. The use of organic acids can reduce the use of HCl, because 5% HCl is a strong acid which causes a negative impact on distribution pipes. Meanwhile, organic acids are weak acids because they come from natural plants.

Keyword : *Organic Acid, Oil Palm Shell, Pyrolysis, Scale reduction, Scale.*

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Transportasi fluida dari *wellhead* menuju *gathering station* merupakan suatu hal yang sangat penting dalam proses hulu migas dan selalu menjadi tantangan dalam industri migas. Pipa merupakan salah satu media yang sangat penting untuk digunakan sebagai alat penunjang dalam kegiatan *lifting* dan transportasi migas. Sistem pemipaan yang baik akan memberikan efisiensi terhadap waktu dan biaya yang diperlukan.

Salah satu permasalahan yang mengganggu dan berdampak pada sistem pemipaan yang berada di *surface* baik itu di *flowline*, *production line* hingga ke *gathering station* yang sering terjadi dari aktivitas atau kegiatan industri hulu migas adalah terbentuknya endapan yang disebut *scale* (kerak). *Scale* dapat terbentuk karena kandungan yang terdiri dari berbagai senyawa yang bisa mengendap oleh perubahan tekanan, perubahan suhu atau perubahan pH karena melepaskan karbon dioksida terlarut (CO₂) dari larutan (Jordan et al., 2014). Adanya *scale* menimbulkan banyak masalah dalam proses produksi minyak dan gas karena dapat mengganggu proses pendistribusian fluida, disamping itu untuk pencegahan dan pembersihan *scale* memiliki biaya yang tinggi (Syahri & Sugiarto, 2008). Selain itu *scale* dapat mengurangi diameter dan menghambat aliran fluida pada sistem pipa dan menyebabkan tekanan menjadi semakin tinggi dan suhu semakin naik yang menyebabkan pipa dapat pecah (Asnawati, 2001).

Ada beberapa metode yang digunakan untuk mencegah terbentuknya *scale* atau mereduksi *scale* pada peralatan industri migas, yaitu dengan menurunkan pH larutan dengan penambahan asam (Zhang & Dawe, 2000), asam amino (Manoli et al., 2002), polimer yang larut dalam air (Donachy & Sikes, 1994), penggunaan *inhibitor* (*scale inhibitor*) (Suharso, Buhani, & Aprilia, 2013), dan senyawa asam organik lain (He et al., 1999).

Pada umumnya untuk penanganan *scale* di lapangan minyak menggunakan asam anorganik. Asam anorganik adalah asam kuat yang tidak berasal dari

mahluk hidup. Asam anorganik yang sering digunakan untuk reduksi *scale* adalah seperti HCl, H₂SO₄ dan campuran HCl dan CuSO₄ (Syahri & Sugiarto, 2008). Selama beberapa tahun belakang telah dikembangkan cara mereduksi *scale* dengan menggunakan asam organik yang berasal dari bahan-bahan yang bersifat ramah lingkungan, mudah didapatkan dan lebih ekonomis. Penggunaan asam organik sebagai alternatif pereduksi *scale* guna untuk mengurangi ketergantungan penyediaan dan penggunaan HCl sebagai pereduksi *scale*. Dalam banyak hal asam juga dapat mencegah menempelnya suatu partikel pada permukaan padatan. Oleh karena itu, asam organik dapat dijadikan sebagai pereduksi *scale* pada sistem pemipaan industri migas.

Pada penelitian ini, asam organik yang digunakan berasal dari hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit yang berupa cairan, menurut (Jayanudin & Suhendi, 2012) Komponen yang terkandung dalam cairan tersebut seperti senyawa fenol, asam, dan karbonil biasa digunakan sebagai antibakteri, anti jamur dan koagulan. Dengan adanya kandungan senyawa asam dalam cairan cangkang kelapa sawit dapat berpotensi dijadikan asam organik sebagai pereduksi *scale* pada sistem pemipaan industri migas. Selain dapat menjadi pereduksi *scale*, asam organik cangkang kelapa sawit juga merupakan penemuan terbaru yang ramah lingkungan dan mudah didapatkan serta lebih ekonomis.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

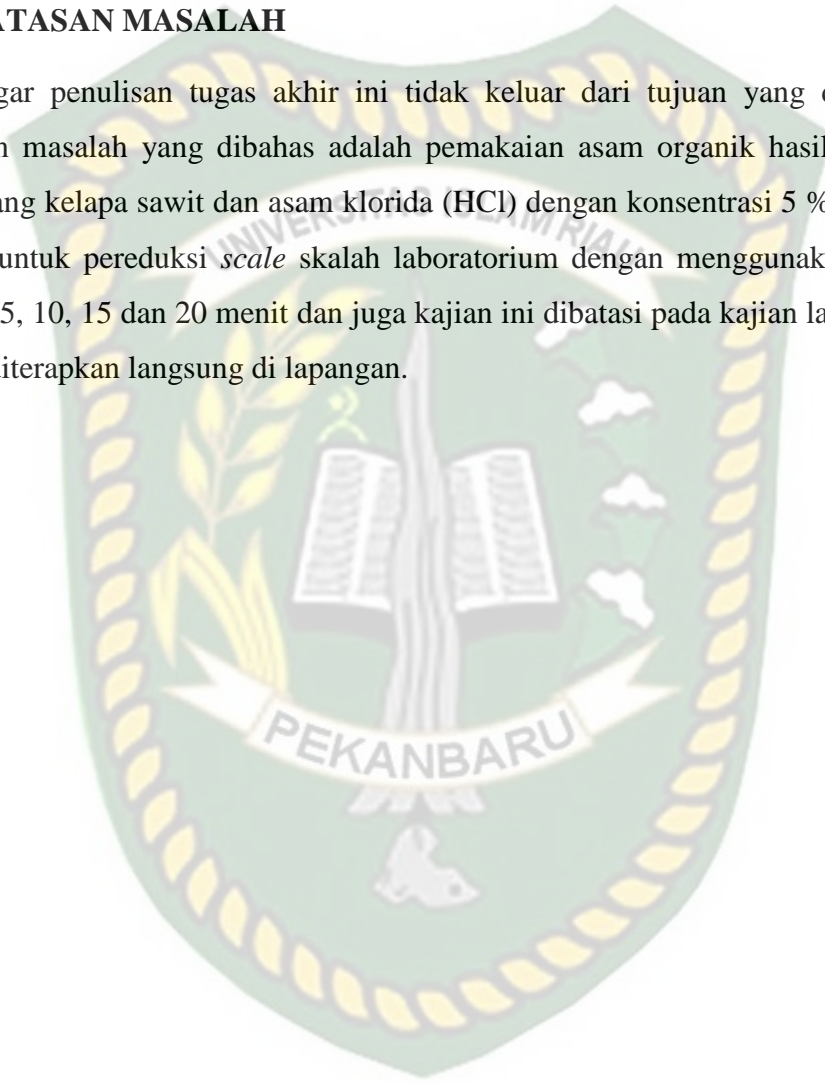
1. Menganalisis senyawa kimia yang terdapat dalam asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit menggunakan *Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GC-MS).
2. Menganalisis pengaruh asam organik cangkang kelapa sawit terhadap kemampuan mereduksi *scale* dengan menggunakan 4 variabel waktu berbeda, yaitu 5, 10, 15 dan 20 menit.
3. Membandingkan kemampuan reduksi *scale* asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit dengan asam klorida (HCl) konsentrasi 5%, 10% dan 15%.

1.3 MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan informasi bagi industri migas sebagai solusi alternatif pemanfaatan asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit sebagai pereduksi *scale* yang terdapat pada pipa distribusi.

1.4 BATASAN MASALAH

Agar penulisan tugas akhir ini tidak keluar dari tujuan yang diharapkan, batasan masalah yang dibahas adalah pemakaian asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit dan asam klorida (HCl) dengan konsentrasi 5 %, 10 % dan 15 % untuk pereduksi *scale* skala laboratorium dengan menggunakan variabel waktu 5, 10, 15 dan 20 menit dan juga kajian ini dibatasi pada kajian laboratorium tidak diterapkan langsung di lapangan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

“Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”. (QS. AR-RUUM: 41).

2.1 PENGERTIAN SCALE

Scale merupakan permasalahan yang sering terjadi dan tidak akan bisa dihindari dalam industri migas yang harus ditangani dengan sangat serius. Adanya endapan *scale* dikarenakan adanya air formasi yang mengandung ion-ion pembentuk *scale* dan adanya pengaruh tekanan, suhu dan pH. Di dalam air formasi terlarut ion-ion baik itu kation (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} , dan Fe^{2+}), maupun anion (Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-}) kemudian mengalami proses pengendapan mineral sehingga terbentuk kerak yang padat (Irawan & Isjudarto, 2013).

Scele didefinisikan sebagai suatu deposit dari senyawa-senyawa anorganik yang terendapkan dan membentuk timbunan kristal pada permukaan suatu substansi (Ma'mun et al., 2013). Pembentukan *scale* biasanya terjadi pada bidang yang bersentuhan secara langsung dengan air formasi selama proses produksi, seperti pada matrik dan rekahan formasi, lubang sumur, rangkaian pompa dalam sumur (*downhole pump*), pipa produksi, pipa selubung, pipa alir, serta peralatan produksi di permukaan (Ahmad & Said, 2015). *Scale* juga dapat didefinisikan sebagai endapan yang terbentuk dari proses kristalisasi dan pengendapan mineral yang terkandung didalam air formasi (Friadi et al., 2011).

Scale merupakan masalah produksi dalam sistem air, karena perubahan pH, tekanan dan suhu sehingga keseimbangan ion-ion melebihi kelarutannya dan membentuk endapan yang melekat pada pipa atau sumur produksi. Menurut (Pranondo & Agusandi, 2017) terbentuknya endapan *scale* karena terjadi dua pencampuran jenis air yang *incompatible* (berlainan sifat) menyebabkan batas kelarutan senyawa yang ada dalam campuran air formasi terlampaui.

Scale sering menyebabkan permasalahan yang mengganggu aliran fluida yang melewati pipa produksi. Adapun komponen *scale* yang sering dijumpai pada peralatan industri migas di Indonesia yaitu, Kalsium karbonat (CaCO_3), Kalsium dan seng fosfat, Kalsium sulfat (CaSO_4) dan Barium sulfat (BaSO_4). Kalsium karbonat (CaCO_3) adalah salah satu endapan penyusun *scale* yang sering terbentuk pada proses industri yang melibatkan air garam yang harus ditangani dengan serius (Amjad, 1988), dan pada proses produksi minyak bumi (Halimatuddahlia, 2003).

Adapun proses pembentukan endapan *scale* dapat dikategorikan dalam tiga tahap pokok, yaitu:

1. Tahap pembentukan inti

Tahap ini adalah tahap dimana ion-ion yang terkandung dalam air formasi akan mengalami reaksi kimia yang membentuk inti kristal. Inti kristal yang terbentuk sangat halus sehingga tidak mengendap dalam proses aliran.

2. Tahap pertumbuhan inti

Pada tahap ini akan menarik molekul-molekul yang lain, sehingga inti akan menjadi butiran yang lebih besar.

3. Tahap pengendapan

Kristal akan mengendap apabila kecepatan pengendapan lebih besar dari aliran fluida dan kecepatan pengendapan kristal juga akan dipengaruhi oleh ukuran dan berat jenis kristal yang membesar pada tahap sebelumnya.



Gambar 2. 1 Endapan *scale* yang menempel pada pipa

2.2 JENIS DAN FAKTOR PEMBENTUKAN SCALE

Adanya *scale* pada pipa distribusi minyak dan gas bumi banyak menimbulkan masalah yang tidak dapat dihindarkan dan harus dilakukan penanganan agar proses produksi minyak dan gas bumi tidak terhenti. Dengan mengetahui jenis dan faktor pembentukan *scale*, maka dapat dilakukan pencegahan dan penanggulangannya (Ahmad & Said, 2015).

Adapun jenis dan faktor yang mempengaruhi pembentukan *scale* dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Jenis dan faktor pembentukan *scale*

Jenis <i>Scale</i>	Rumus kimia	Faktor yang mempengaruhi
Kalsium Karbonat	CaCO_3	Tekanan, suhu, total garam terlarut
Kalsium Sulfat	CaSO_4	Tekanan, suhu, total garam terlarut
Barium Sulfat	BaSO_4	Tekanan, suhu, total garam terlarut
Stronsium Sulfat	SrSO_4	
Besi Karbonat	FeCO_3	Hasil korosi, gas-gas terlarut, dan pH
Besi Sulfida	FeS	
Besi Hidroksida	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	
Besi Oksida	Fe_2O_3	

(Ahmad & Said, 2015)

Dari beberapa jenis *scale* yang ada pada tabel 2.1 jenis *scale* yang sering dijumpai di Indonesia adalah Kalsium Karbonat (CaCO_3), Kalsium Sulfat (CaSO_4) dan Barium Sulfat (BaSO_4).

Terbentuknya *scale* dipengaruhi beberapa faktor yaitu perubahan tekanan, perubahan temperatur, bergabungnya dua jenis air yang berbeda dan pengaruh pH (Pranondo & Agusandi, 2017).

2.3 PENANGGULANGAN SCALE

Sebelum *scale* terbentuk pada dinding pipa biasanya dilakukan perhitungan air formasi untuk mengetahui apakah ada kemungkinan *scale* terendapkan pada pipa. Perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan metoda Stability Index

(SI) oleh stiff and davis dan metode Skillman, McDonald and Stiff (Pradipta et al., 2019). Perhitungan *Stability Index* (SI) dilakukan untuk mengetahui potensi jenis *scale* yang akan terbentuk, menurut (Irawan & Isjudarto, 2013) ada beberapa hasil analisis untuk memprediksi terbentuknya *scale*:

- Apabila harga SI negatif, maka *scale* tidak akan terbentuk.
- Apabila harga SI positif, maka *scale* diperkirakan akan terbentuk.

Apabila endapan *scale* terbentuk pada dinding pipa, maka dilakukan penanggulangan dengan menggunakan metode-metode tertentu sesuai dengan kebutuhan. Untuk penanggulangan *scale* yang telah terbentuk pada peralatan produksi biasanya dilakukan penginjeksian asam atau sering disebut dengan *scale remover*.

Akibat dari pembentukan *scale* tersebut akan menyebabkan berkurangnya dan menghambat produktivitas sumur akibat tersumbatnya pipa distribusi dan alat lainnya. Ada beberapa metode yang digunakan untuk menangani *scale*, akan tetapi metode yang paling sering dan banyak dilakukan adalah dengan injeksi *scale inhibitor* dan *acidizing*.

2.3.1 INJEKSI *INHIBITOR*

Injeksi *inhibitor* merupakan penanganan dengan cara menginjeksikan *inhibitor* sesuai dengan jenis *scale* yang terendapkan. *Scale inhibitor* adalah bahan kimia yang berfungsi untuk menghambat atau mencegah terbentuknya *scale* apabila digunakan dengan konsentrasi rendah (Halimatuddahlia, 2003). Adapun mekanisme kerja *scale inhibitor* ada dua tipe yaitu:

1. *Scale inhibitor* dapat terdeposit pada permukaan kristal *scale* pada saat mulai terbentuk. *Inhibitor* adalah kristal yang besar yang mampu menutupi kristal yang kecil sehingga dapat menghambat pertumbuhan selanjutnya.
2. Dalam banyak hal bahan kimia dapat dengan mudah mencegah menempelnya suatu partikel pada permukaan padatan.

Pada umumnya *scale inhibitor* yang digunakan di ladang minyak atau pada peralatan industri dibagi dua yaitu, *scale inhibitor* anorganik dan *scale inhibitor* organik. *Scale inhibitor* yang pernah digunakan yaitu polimer-polimer yang larut dalam air dan senyawa fosfonat (Asnawati, 2001). Untuk mencegah terbentuknya *scale* menggunakan injeksi *inhibitor* sebaiknya digunakan sejak awal sumur diproduksi dengan cara menginjeleksikannya di zona perforasi dan penggunaannya tidak berlebihan atau sesuai dengan dosis yang telah ditentukan.

2.3.2 ACIDIZING

Adalah metode penanganan *scale* dengan menginjeksikan asam untuk melarutkan *scale* yang terendapkan. Beberapa metode pengasaman yaitu:

- a. *Matriks acidizing*, metode ini menginjeksikan asam dengan tekanan alir dibawah tekanan rekah formasi. Tujuannya untuk mendapatkan penetrasi radial yang *uniform* dari asam kedalam formasi. Kenaikan permeabilitas terjadi karena membesarnya *pore spaces* atau larutnya butir-butir pembuntu yang terkena asam.
- b. *Acid fracturing*, metode ini sama dengan *matriks acidizing* hanya berbeda pada tekanan injeksinya lebih dari pada rekah formasi.
- c. *Acid washing*, metode ini prinsipnya menginjeksikan asam untuk melarutkan *scale* (Halimatuddahlia, 2003)

Tabel 2. 2 Penanganan *scale* dengan penginjeksian bahan kimia

Jenis <i>scale</i>	Cara penanganannya
Kalsium Sulfat (CaSO ₄)	Melarutkan dengan alkalin kuat (NaOH)
Besi Sulfat (FeS)	Melarutkan dengan asam
Kalsium Karbonat (CaCO ₃)	Melarutkan dengan asam (HCl, H ₂ SO ₄ , Asam asetat)
Barium Sulfat (BaSO ₄)	Melarutkan dengan asam (HCl, H ₂ SO ₄)

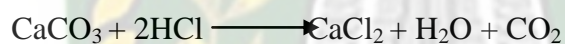
(Syahri & Sugiarto, 2008)

Untuk mencegah dan menangani *scale* pada pipa produksi migas sering menggunakan asam anorganik asam klorida (HCl). Namun pada penelitian ini akan menggunakan asam organik dari hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit sebagai pereduksi *scale*. Adapun cara membersihkan pipa yang tersumbat oleh *scale* adalah :

1. *Scale* yang terlapisi oleh endapan hidrokarbon dibersihkan menggunakan pelarut hidrokarbon, sebelum dilarutkan dengan asam.
2. Injeksikan asam yang digunakan dengan volume yang sesuai dengan ketebalan *scale* dan menambahkan *corrosion inhibitor* untuk melindungi pipa.

Adapun reaksi yang terjadi antara *scale* dengan asam adalah :

Penginjeksian dengan asam klorida (HCl)



2.4 ASAM ORGANIK CANGKANG KELAPA SAWIT

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditi hasil perkebunan yang menjadi andalan Indonesia sebagai devisa setiap tahun. Indonesia merupakan produsen terbesar kedua didunia setelah Malaysia dengan total produksi rata-rata 9.9 juta ton pertahun sejak tahun 2003 (Haji, 2013). Banyaknya industri kelapa sawit di Indonesia menyebabkan limbah yang dihasilkan sangat banyak dan besar, apabila limbah yang dihasilkan tidak dimanfaatkan akan dapat menyebabkan kerusakan lingkungan. Limbah kelapa sawit yang berupa cangkang, tandan, batang dan pelepah yang merupakan sisa dari pengolahan kelapa sawit belum dimanfaatkan secara optimal (Lisa Ginayati et al., 2015). Pemanfaatan limbah kelapa sawit digunakan sebagai bahan baku pakan ternak dan kompos. Di dalam industri migas limbah cangkang kelapa sawit telah dimanfaatkan sebagai kabon aktif biomassa untuk mengontrol *filtration loss in water based drilling fluid* yang dihasilkan melalui proses *pyrolysis* (Mursyidah, Amru, Hadziqoh, Zaid, & Guan, 2020).

Seiring berjalannya waktu dan berkembangnya ilmu dan teknologi cangkang kelapa sawit juga dimanfaatkan sebagai cairan yang bernilai ekonomis lebih tinggi.

Cairan tersebut biasanya dimanfaatkan sebagai pengawet makanan dan pengawet kayu. Cairan tersebut merupakan salah satu produk dari hasil kondensasi pada proses *pyrolysis* (Jayanudin & Suhendi, 2012). Kandungan kimia yang paling banyak yang dihasilkan cairan dari hasil kondensasi pada proses *pyrolysis* adalah asam asetat dan fenol. Menurut (Haji, 2013) komponen kimia hasil kondensasi proses *pyrolysis* cangkang kelapa sawit menghasilkan 27 senyawa, tetapi senyawa yang dominan adalah senyawa fenol, karbonil dan asam seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.4.

Tabel 2. 3 Senyawa kimia cangkang kelapa sawit (Haji, 2013)

Senyawa	Persentase %
Fenol	4.13
Karbonil	11.3
Asam	10.2

2.5 STATE OF THE ART

Penelitian yang dilakukan untuk penanganan *scale* pada pipa distribusi menggunakan asam anorganik dengan HCl, H₂SO₄ dan campuran HCl dan CuSO₄. Proses pelarutan *scale* dilakukan menggunakan bejana berpengaduk yang berisi larutan HCl, H₂SO₄ dan campuran HCl dengan CuSO₄ menggunakan beberapa konsentrasi 5 %, 10 %, 15 % dan 20 % dan laju pengadukan 0 rpm, 500 rpm dan 700 rpm. Pengujian dilakukan dengan memasukkan larutan ke dalam wadah, setelah itu *scale* yang telah ditimbang dengan timbangan digital dimasukkan ke dalam wadah yang telah berisi larutan selama 2 menit dan di aduk. Setelah 2 menit angkat sisa *scale* dan timbang kembali. Untuk pengujian dengan konsentrasi dan kecepatan pengadukkan yang berbeda lakukan kembali prosedur diatas. Setelah itu dapat dihitung berapa banyak *scale* terlarut selama periode proses pelarutan. Besarnya jumlah *scale* yang terlarut juga berpengaruh terhadap

konsentrasi, kecepatan pengadukan dan waktu pelarutan. Apabila konsentrasi larutan semakin tinggi, kecepatan pengadukan semakin besar dan waktu pelarutan semakin lama maka jumlah *scale* yang terlarut semakin banyak. Dari pengujian yang telah dilakukan, larutan yang paling efektif digunakan untuk penanganan *scale* adalah larutan campuran HCl + Cu₂SO₄. Akan tetapi, dilihat dari kualitas HCl lebih memiliki keuntungan diantaranya pemakaiannya mudah dan lebih murah karena tidak perlu menggunakan Cu₂SO₄ (Syahri & Sugiarto, 2008).

Penelitian untuk pembersihan *scale* dengan menggunakan campuran asam sitrat dan asam sulfamat. Penelitian ini menggunakan pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk menentukan bentuk morfologi dan kandungan senyawa kimia dalam *scale*. Untuk menghapus *scale*, diuji 18 pipa menggunakan larutan asam sitrat dan asam sulfamat dengan variasi konsentrasi, debit, suhu dan waktu. Setelah pengujian dilakukan, hasil penurunan berat badan terbesar diperoleh 1,6 gr dan 0,5 gr terkecil. Diameter pipa meningkat dengan nilai terbesar yaitu 0,36 mm dan yang terkecil adalah 0,16 mm. Bentuk visual antara sebelum dan sesudah berbeda karena semakin tinggi konsentrasi, debit, waktu, dan suhu, *scale* lebih cepat larut. Berbasis ekonomis perhitungan jika sebelum pembersihan ada *scale* pada pipa material *Carbon Steel A106 Grade B* nilai produksi peralatan setiap tahun yaitu Rp. 649.496.323. Setelah membersihkan Baja Karbon peralatan pipa material, nilai produksi tahunan adalah Rp.653.974.748, kemudian nilai estimasi produksi dalam satu tahun meningkat sebesar Rp.4.478.425 (Ekananda et al., 2019)

Penelitian menggunakan HNO₃ dengan konsentrasi 2 %, 3 %, 4 %, 5 % dan 6 % sebagai pelarut alternatif pada proses *acid wash* terhadap *Plate Electrolyzer* di PT Kaltim Nitrat Indonesia. Sampel *scale* ditimbang dengan berat 5 gr, kemudian dilarutkan dengan variabel konsentrasi pelarut. Proses pelarutan dilakukan selama 30 menit dengan melakukan pengadukan menggunakan *strirrer* dengan kecepatan pengadukan 350 rpm. Setelah itu endapan sisa *scale* dipisahkan dari pelarut dengan filter dan *vakum pump*. Kemudian lakukan pengeringan sampel *scale* yang tersisa pada suhu 260°c selama 30 menit, setelah itu dinginkan sisa sampel *scale* yang telah dikeringkan selama 15 menit pada suhu 32 °c, lalu ditimbang kembali

untuk memperoleh berat *scale* yang terlarut. Konsentrasi HNO_3 yang optimal dan dapat digunakan sebagai alternatif pelarut dalam proses *acid wash* adalah konsentrasi 5 %. Konsentrasi ini sangat efektif dan efisien karena dapat melarutkan *scale* 3,8 gr dari total sampel. HNO_3 dapat digunakan sebagai pelarut alternatif, namun dengan batas konsentrasi 6 % untuk mencegah pengkorosian dan menjaga performa alat (Septiani et al., 2019).

Pada penelitian terhadap penambahan cairan hasil proses kondensasi *pyrolysis* tempurung kelapa *grade 2* sebagai *inhibitor scale* CaCO_3 . Secara umum penambahan cairan hasil proses kondensasi *pyrolysis* tempurung kelapa sebagai *inhibitor* dapat mengambat dan mereduksi laju pertumbuhan *scale*. Metode-metode yang digunakan untuk analisis data dan karakterisasi yaitu SEM, XRD dan PSA. Berdasarkan hasil *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *X-Ray Diffraction* (XRD) menunjukkan bahwa *scale* CaCO_3 tanpa *inhibitor* terdiri dari kristal fasa kalsit dan sedikit aragonit, sedangkan setelah penambahan *inhibitor* terdiri dari kristal fasa aragonit, vaterit, dan sedikit kalsit. Kalsit merupakan jenis kristal *hardscale* sedangkan aragonit dan vaterit merupakan jenis kristal *softscale*. Analisis kuantitatif menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) menunjukkan bahwa distribusi ukuran partikel kerak CaCO_3 menjadi lebih kecil dengan adanya penambahan *inhibitor* berdasarkan nilai rata-rata yaitu dari 133.70 menjadi 8.26 μm dan nilai tengah yaitu dari 44.51 menjadi 6.40 μm (Kurniawan, 2018).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

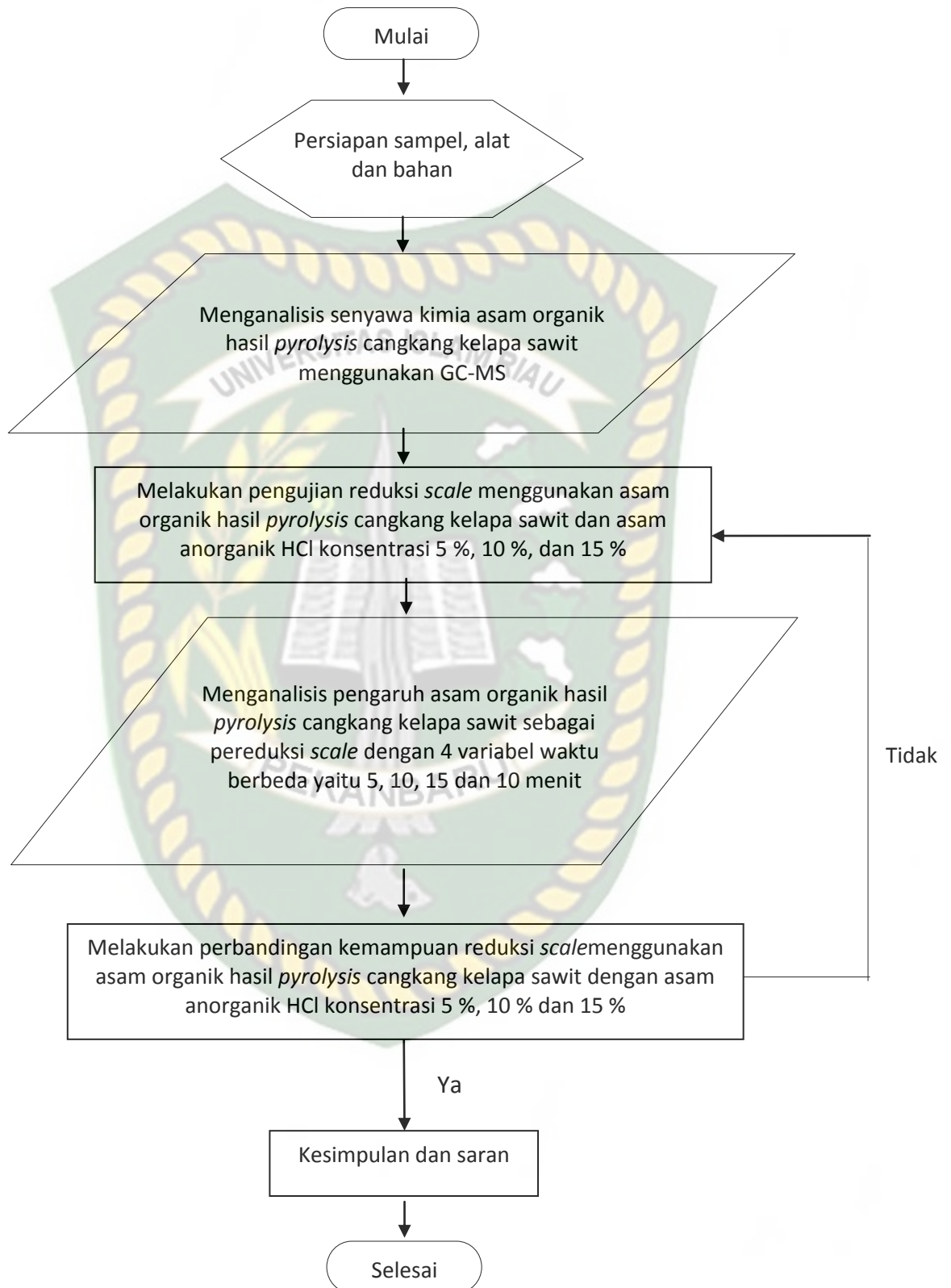
3.1 URAIAN METODOLOGI PENELITIAN

Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Experiment Research*, yang dilakukan di Laboratorium Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau. Penelitian ini dilakukan guna mengetahui pengaruh asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit sebagai pereduksi *scale*.

Metode yang digunakan untuk pembuatan sampel asam organik adalah metode *pyrolysis*. *Pyrolysis* merupakan suatu proses dimana terjadi dekomposisi kimia biomassa tanpa atau sedikit oksigen menjadi tiga bentuk yaitu padat, cair dan gas (Juandri et al., 2016). *Pyrolysis* dilakukan pada tahap awal pembuatan asam organik, bahan dasar yang digunakan adalah cangkang kelapa sawit. Setelah proses *pyrolysis* dilakukan, maka didapatkan cairan yang akan digunakan sebagai asam organik karena cairan tersebut mengandung asam. Kemudian dilakukan pengujian senyawa kimia dari asam organik menggunakan GC-MS. Kemudian dilakukan pengujian komponen sampel *scale* dengan alat XRF. Selanjutnya dilakukan pengujian pengaruh asam organik sebagai pereduksi *scale*.

Teknik pengumpulan data yang dilakukan menggunakan teknik data primer seperti data yang didapatkan dari hasil penelitian. Serta dilakukan analisis data yang membawa kepada kesimpulan yang merupakan tujuan penelitian. Metode penelitian ini meliputi waktu penelitian, alat dan bahan serta prosedur penelitian.

3.2 DIAGRAM ALIR PENELITIAN



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.3 ALAT, BAHAN DAN PROSEDUR

3.3.1 ALAT

1. *Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GC-MS)
2. Gelas ukur
3. Kertas saring
4. Oven
5. Palu
6. pH meter
7. Pinset
8. *Pyrolysis*
9. Stopwatch
10. Timbangan digital
11. Wadah
12. *X-Ray Fluorescence* (XRF)

3.3.2 BAHAN

1. Cangkang kelapa sawit
2. HCl
3. *Aquades*
4. *Scale*

3.3.3 PROSEDUR PENGUJIAN KANDUNGAN *SCALE* MENGGUNAKAN *X-RAY FLUORESCENCE* (XRF)

Sampel *scale* dihancurkan menjadi butiran-butiran halus. Kemudian, butiran-butiran halus tersebut diuji menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk mengetahui kandungan unsur dan senyawa yang terdapat dalam *scale*.

3.3.4 PROSEDUR PEMBUATAN ASAM ORGANIK DARI CANGKANG KELAPA SAWIT MELALUI PROSES *PYROLYSIS*

1. Cangkang kelapa sawit yang telah diperoleh dibersihkan dan dikeringkan dengan sinar matahari selama 7 hari (tergantung dari kondisi panas).

2. Setelah dikeringkan cangkang kelapa sawit dihancurkan dengan palu menjadi kepingan kecil.
3. Setelah dihancurkan, cangkang kelapa sawit yang dikeringkan dengan oven selama 12 jam.
4. Timbang kepingan cangkang kelapa sawit sebanyak 2 kg.
5. Setelah ditimbang kepingan cangkang kelapa sawit dimasukkan kedalam reaktor *pyrolysis* dan melakukan proses *pyrolysis* selama 3 jam dengan suhu 300°C.
6. Cairan yang keluar ditampung menggunakan wadah selama proses *pyrolysis* berlangsung.
7. Setelah proses *pyrolysis* selesai diamkan cairan yang dihasilkan selama sehari.



Gambar 3. 2 Reaktor *Pyrolysis*

3.3.5 PROSEDUR PENGUJIAN KOMPONEN ASAM ORGANIK HASIL *PYROLYSIS* CANGKANG KELAPA SAWIT

Setelah cairan cangkang kelapa sawit didapatkan, lakukan pengujian untuk mengetahui komponen yang terdapat dalam asam organik menggunakan alat *Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GC-MS).

3.3.6 PROSEDUR PENGUJIAN ASAM ORGANIK HASIL *PYROLYSIS* CANGKANG KELAPA SAWIT TERHADAP WAKTU MEREDUKSI *SCALE* (5, 10, 15 DAN 20 MENIT)

1. Timbang bongkahan *scale* menggunakan timbangan digital.
2. Isi wadah dengan asam organik cangkang kelapa sawit dengan volume 100 ml.
3. Masukkan bongkahan *scale* yang telah ditimbang kedalam wadah yang telah diisi asam organik cangkang kelapa sawit selama 5 menit.
4. Setelah 5 menit angkat *scale* yang tersisa menggunakan pingset.
5. Keringkan sisa *scale* yang telah diangkat menggunakan oven selama 30 menit.
6. Timbang *scale* yang tersisa setelah dikeringkan.
7. Lakukan langkah 1-6 untuk variasi waktu 10, 15 dan 20 menit

3.3.7 PROSEDUR PENGUJIAN ASAM KLOORIDA (HCl) MENGGUNAKAN KONSENTRASI 5 %, 10 % DAN 15 % TERHADAP WAKTU MEREDUKSI *SCALE* (5, 10, 15 DAN 20 MENIT)

1. Timbang bongkahan *scale* menggunakan timbangan digital.
2. Isi wadah dengan HCl dengan volume 100 ml.
3. Masukkan bongkahan *scale* yang telah ditimbang kedalam wadah yang telah diisi HCl selama 5 menit.
4. Setelah 5 menit angkat *scale* yang tersisa menggunakan pingset.
5. Keringkan sisa *scale* yang telah diangkat menggunakan oven selama 30 menit.
6. Timbang *scale* yang tersisa setelah dikeringkan.
7. Lakukan langkah 1-6 untuk variasi waktu 10, 15 dan 20 menit dan konsentrasi berbeda.

3.4 ANALISIS HASIL

Melakukan perbandingan asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit dan asam klorida (HCl) sebagai pereduksi *scale*.

3.5 TEMPAT PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di laboratorium Analisa Fluida Reservoir program studi Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau.

3.6 TEMPAT PENGAMBILAN SAMPEL

Sampel *scale* yang akan digunakan berasal dari pipa produksi lapangan Duri yang ada di PT. Chevron Pacific Indonesia.

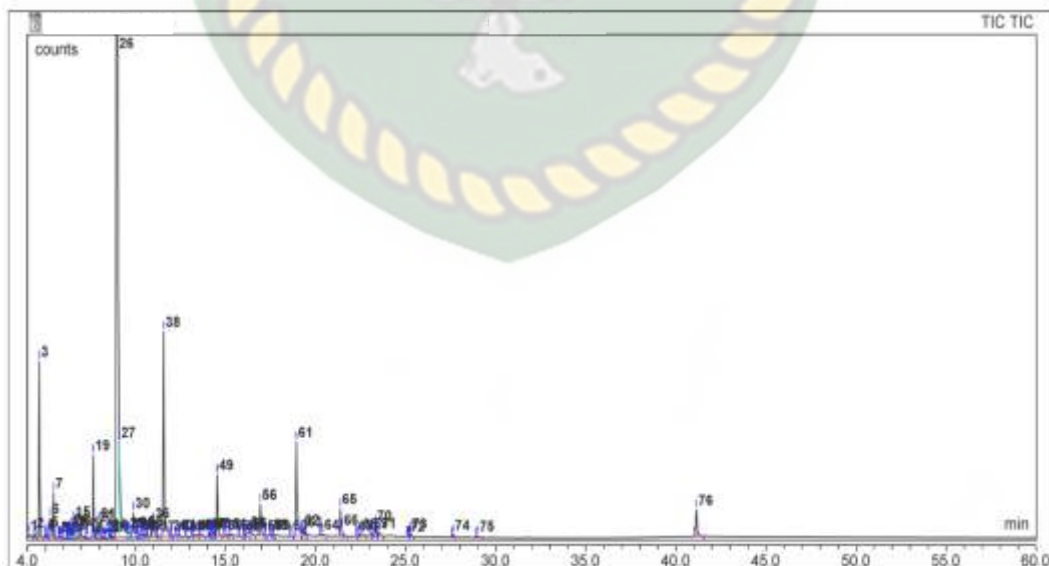


BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menjelaskan hasil dan pembahasan tentang pengaruh asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit sebagai pereduksi *scale*. Pengujian GC-MS Untuk mengetahui kandungan dan senyawa kimia yang terdapat dalam asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit, pengujian XR-F untuk mengetahui kandungan unsur dan senyawa yang terdapat dalam *scale* dan melakukan pengujian reduksi *scale* menggunakan asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit serta membandingkan hasil pengujian tersebut dengan reduksi *scale* menggunakan asam klorida (HCl).

4.1 ANALISIS SENYAWA KIMIA ASAM ORGANIK HASIL *PYROLYSIS* CANGKANG KELAPA SAWIT

Senyawa kimia yang terkandung dalam asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit dapat dianalisis menggunakan *Gas Chromatography Mass Spectrophotometri* (GC-MS). Dari hasil pengujian asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit menggunakan GC-MS didapatkan 76 senyawa kimia yang terkandung dalam asam organiknya seperti ditunjukkan pada gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4. 1 Grafik senyawa kimia asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit menggunakan GC-MS

Dari grafik dapat dilihat bahwa puncak-puncaknya ada yang tinggi, rendah dan ada yang sangat rendah. Untuk menganalisis grafik hasil pengujian GC-MS asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit, maka yang diambil adalah puncak-puncak yang menunjukkan persentase senyawa kimia yang dominan. Sehingga diantara 76 senyawa kimia asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit (dalam lampiran) terdapat 12 senyawa yang paling dominan untuk analisis dalam penelitian ini. Adapun 12 senyawa yang dominan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Senyawa kimia dominan asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit menggunakan GC-MS

No	Waktu pembacaan senyawa (menit)	Nama senyawa	Persentase (%)
1	8.98	<i>2-Vinylfuran</i>	57.39
2	11.57	<i>Formic acid</i>	7.16
3	9.09	<i>Carbamic acid</i>	4.92
4	18.93	<i>Phenol</i>	4.44
5	4.66	<i>1H-Pyrazole,1.3-dymethyl</i>	4.10
6	14.54	<i>2-Methoxy-6-methylphenol</i>	2.16
7	7.66	<i>Furan, 2-(2-ethoxy-2-methoxyethyl)-1</i>	1.97
8	21.38	<i>1,2,4-Trimethoxybenzene</i>	1.34
9	16.93	<i>2,3-Dimethoxytoluena</i>	1.34
10	41.15	<i>3-Benzyl-2phenyl-2,3,4,5-tetrahydro1H-</i>	1.20
11	5.46	<i>Acetic acid</i>	1.16
12	9.89	<i>2-Cyclopenten-1, 2-hydroxy-3-methyl</i>	1

Berdasarkan 12 senyawa kimia yang dominan dalam tabel 4.1 didapatkan senyawa yang paling tinggi persentasenya adalah *2-Vinylfuran* sebesar 57.39 % yang terdeteksi pada pengujian menit ke 8.98. *2-Vinylfuran* ini termasuk golongan heterosiklik yang bukan bersifat asam.

Sedangkan senyawa asam yang terkandung dalam asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit adalah *Formic acid* sebesar 7.16 % yang terdeteksi pada pengujian menit ke 11.57, *Carbamic acid* sebesar 4.92 % yang

terdeteksi pada pengujian menit ke 9.09, *Phenol* sebesar 4.44 % yang terdeteksi pada pengujian menit ke 18.93 dan *Acetic acid* sebesar 1.16 % yang terdeteksi pada pengujian menit ke 5.46. Keempat jenis asam ini adalah golongan asam karboksilat dan asam karbolat. Jumlah persentase gabungan dari keempat senyawa asam dalam asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit adalah sebesar 17.68 %. Oleh karena itu senyawa asam sebesar 17.68 % ini akan dianalisis kemampuannya untuk mengikis dan mereduksi *scale* pada sub bab 4.3.

Beberapa senyawa kimia lain yang bukan tergolong dalam senyawa asam tersebut terdiri senyawa kimia lain yang terdapat pada asam organik tersebut adalah *1H-Pyrazole,1.3-dymethyl* sebesar 4.10 % yang terdeteksi pada pengujian menit ke 4.66, *2-Methoxy-6-methylphenol* sebesar 2.16 yang terdeteksi pada pengujian menit ke 14.54, *Furan, 2-(2-ethoxy-2-methoxyethyl)-l* sebesar 1.97 % yang terdeteksi pada pengujian menit ke 7.66, *1,2,4-Trimethoxybenzene* sebesar 1.34 % yang terdeteksi pada pengujian menit ke 21.38, *2,3-Dimethoxytoluena* sebesar 1.34 % yang terdeteksi pada pengujian menit ke 16.93, *3-Benzyl-2phenyl-2,3,4,5-tetrahydro1H-* sebesar 1.20 % yang terdeteksi pada pengujian menit ke 41.15 dan *2-Cyclopenten-1, 2-hydroxy-3-methyl* sebesar 1 % yang terdeteksi pada pengujian menit ke 9.89.

4.2 ANALISIS KOMPONEN KIMIA SCALE MENGGUNAKAN X-RAY FLUORESCENCE SPECTROMETER (XR-F)

Komponen kimia yang terkandung dalam *scale* yang diteliti dianalisis menggunakan data yang diperoleh dari pengujian *X-ray Fluorescence Spectrometer* (XRF). XRF merupakan alat untuk menganalisis komponen kimia pada suatu sampel secara kualitatif dan kuantitatif (Jamaludin & Adiantoro, 2012).

Hasil pengujian XRF *scale* didapatkan 12 komponen kimia yang ada di dalam *scale*, adapun 12 jenis komponen kimia tersebut dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Komponen kimia dalam *scale*

Komponen	Rumus kimia	Hasil (%)
Barium	Ba	63.8
Sulfur	S	21.2
Kalsium	Ca	6.01
Stronsium	Sr	4.17
Fero	Fe	2.34
Klorida	Cl	0.833
Natrium	Na	0.667
Kalium	K	0.572
Silikon	Si	0.133
Fosfor	P	0.0819
Mangan	Mn	0.0685
Magnesium	Mg	0.0605

Dari hasil pengamatan tabel 4.2 dapat dilihat bahwa komponen kimia yang paling besar adalah Barium dengan persentase 63.8 %, kemudian pada sampel *scale* juga didapatkan komponen kimia Sulfur 21.2 %, Kalsium 6.01 %, Stronsium 4.17 %, Ferro 2.34 %, Klorida 0.833 %, Natrium 0.667 %, Kalium 0.572 %, Silikon 0.133 %, Fosfor 0.0819 %, Mangan 0.0685 % dan komponen kimia yang paling kecil adalah Magnesium oksida 0.0605 %.

Jadi, berdasarkan persentase komponen kimia yang didapatkan maka *scale* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *scale* yang terbentuk oleh ion-ion kation dan anion yaitu sesuai dengan tabel di atas.

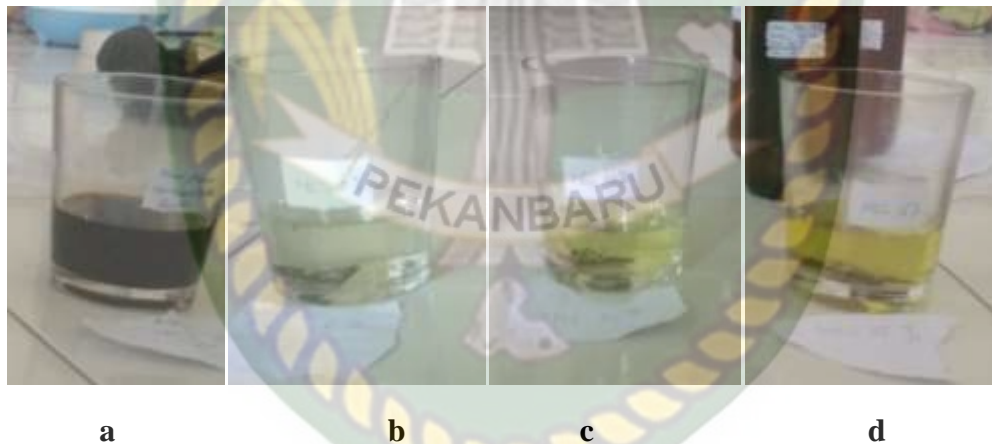
4.3 PENGUJIAN REDUKSI *SCALE*

Reduksi *scale* dilakukan menggunakan 2 jenis pereduksi, yaitu menggunakan asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit dan menggunakan asam klorida (HCl). Sebelum dilakukan pengujian reduksi *scale*, kedua jenis pereduksi telah dilakukan pengujian nilai pH menggunakan pH meter digital. Hasil pengujian pH ditunjukkan dalam tabel 4.3

Tabel 4. 3 Nilai pH asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit dan HCl

Jenis pereduksi	Nilai pH
Asam organik hasil <i>pyrolysis</i> cangkang kelapa sawit	2.8
HCl konsentrasi 5 %	0.3
HCl konsentrasi 10 %	0.1
HCl konsentrasi 15 %	0

Nilai pH yang terdapat pada asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit adalah 2.8, sedangkan asam klorida dilakukan pengenceran dengan tiga konsentrasi yaitu 5 %, 10 % dan 15 %. Nilai pH untuk ke tiga konsentrasi asam klorida tersebut berada dibawah pH asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit. Sifat asam yang dihasilkan dari hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit lebih lemah dibandingkan asam klorida 5 %, maka penggunaan asam organik dengan kadar asam yang lebih lemah mengurangi dampak kerusakan pipa seperti korosi dan kebocoran pada pipa.

**Gambar 4. 2** Pengujian reduksi *scale* dengan (a. asam organik cangkang kelapa sawit, b. HCl 5 %, c. HCl 10 % dan d. HCl15 %)

4.3.1 REDUKSI *SCALE* MENGGUNAKAN ASAM ORGANIK HASIL *PYROLYSIS* CANGKANG KELAPA SAWIT

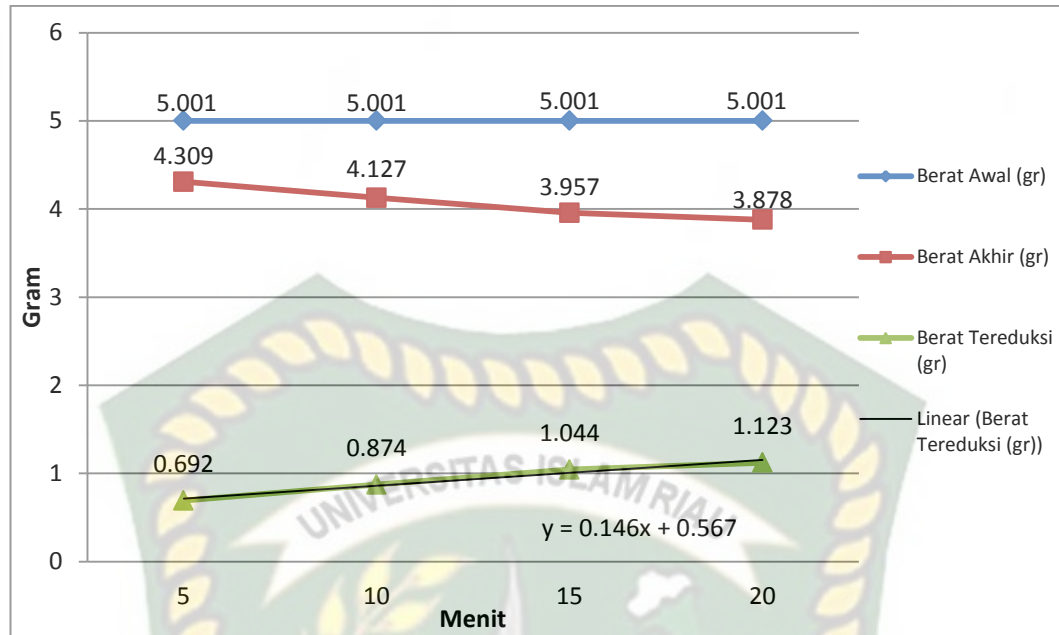
Hasil penelitian pengaruh asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit terhadap mereduksi *scale* dapat dilihat pada tabel 4.3 dan gambar 4.2 di bawah ini.

Tabel 4. 4 Pengaruh asam organik *pyrolysis* cangkang kelapa sawit terhadap reduksi *scale*

Pereduksi	Waktu perendaman (menit)	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Berat Tereduksi (gr)	Persentase tereduksi (%)
Asam Organik cangkang Kelapa Sawit	5	5.001	4.309	0.692	13.837
	10	5.001	4.127	0.874	17.477
	15	5.001	3.957	1.044	20.876
	20	5.001	3.878	1.123	22.456

Dari tabel 4.4 dapat dilihat hasil pengujian reduksi *scale* menggunakan asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit. Pada saat proses reduksi *scale* menggunakan asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit terjadi reaksi kimia antara *scale* dengan asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit yang menyebabkan bongkahan *scale* menjadi lembek dan kemudian akan terkikis dan terpisah dari bongkahan. Pada pereduksi asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit dengan waktu 5 menit *scale* tereduksi sebanyak 0.692 gr dari berat *scale* awal 5.001 gr menjadi 4.309 gr. Reduksi *scale* dengan waktu 10 menit menjadi 4.127 gr dari berat awal 5.001 gr sehingga dapat dikatakan berat *scale* yang tereduksi sebesar 0.874 gram. Reduksi *scale* dengan waktu 15 menit juga mengalami peningkatan menjadi 1.044 gr dari berat awal 5.001 gr menjadi 3.957 gr. Reduksi *scale* dengan waktu 20 menit juga mengalami kenaikan menjadi 3.878 gr dari berat awal 5.001 gr sehingga dapat dikatakan berat *scale* yang tereduksi sebesar 1.123 gr.

Dari tabel di atas dapat dibuat grafik hubungan antara berat *scale* tereduksi dengan waktu perendaman untuk asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit.



Gambar 4. 3 Grafik pengaruh asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit terhadap reduksi *scale*

Dari gambar 4.3 di atas dapat dikatakan bahwa reduksi *scale* menggunakan asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit dipengaruhi oleh waktu, semakin lama waktu reduksi maka jumlah *scale* yang tereduksi semakin besar. Reduksi *scale* dengan waktu 5 menit mengalami turbulensi yang cukup besar, hal itu dikarenakan terjadinya reaksi kimia yang terjadi antara *scale* dengan asam organik yang menyebabkan sebagian *scale* akan melembek dan akan terlepas. Untuk waktu 10, 15 dan 20 menit nilai kecenderungan *scale* yang tereduksi akan semakin meningkat. Asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit yang digunakan sebagai pereduksi *scale* dengan waktu 20 menit di dalam pipa akan mendapatkan nilai reduksi yang besar dan tidak akan menyebabkan kerusakan pada pipa karena asam ini merupakan asam lemah.

4.3.2 REDUKSI SCALE MENGGUNAKAN ASAM KLORIDA (HCl) KONSENTRASI 5 %, 10 % DAN 15 %

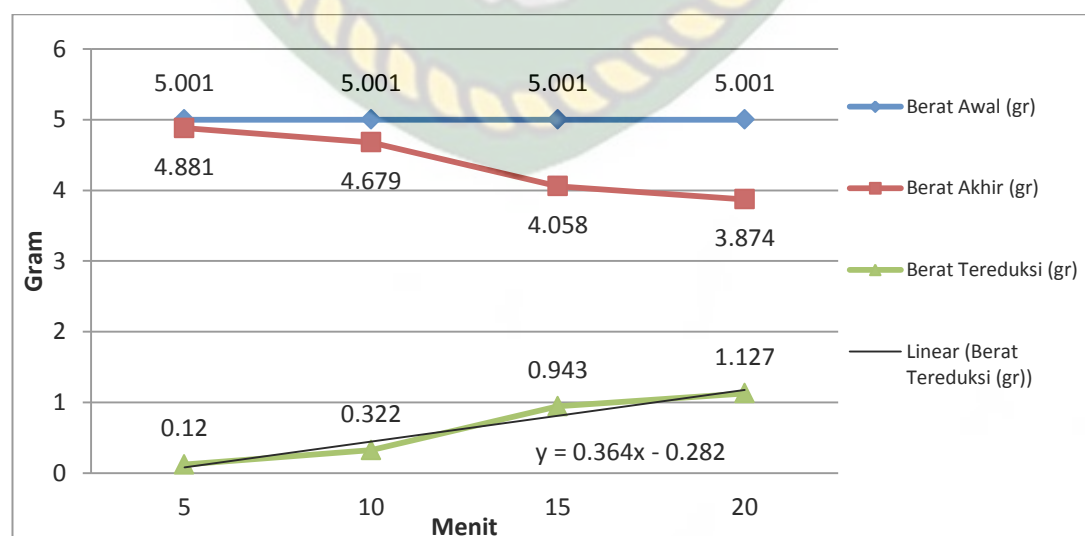
Hasil penelitian pengujian reduksi *scale* menggunakan HCl konsentrasi 5 %, 10 % dan 15 % dapat dilihat pada tabel 4.5, 4.6 dan 4.7 dan gambar 4.4, 4.5 dan 4.6.

Tabel 4. 5 Pengaruh HCl konsentrasi 5 % terhadap reduksi *scale*

Pereduksi	Waktu perendaman (menit)	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Berat Tereduksi (gr)	Persentase tereduksi (%)
HCl 5%	5	5.001	4.881	0.12	2.400
	10	5.001	4.679	0.322	6.439
	15	5.001	4.058	0.943	18.856
	20	5.001	3.874	1.127	22.535

Dari tabel 4.5 di atas dapat dilihat hasil pengujian reduksi *scale* menggunakan HCl konsentrasi 5 %. Pada proses reduksi *scale* menggunakan HCl konsentrasi 5 % akan terjadi reaksi kimia antara pereduksi HCl dengan *scale* yang akan menyebabkan munculnya gelembung-gelembung kecil dan *scale* akan terpisah dari bongkahan dan akan menjadi butiran halus. Pada pereduksi HCl 5 % dengan waktu 5 menit berat *scale* menjadi 4.881 gr dari berat awal 5.001 gr sehingga berat *scale* yang tereduksi sebesar 0.12 gr, sedangkan reduksi *scale* dengan waktu 10 menit menjadi 4.678 gr dari berat awal 5.001 gr sehingga *scale* tereduksi sebesar 0.332 gr, untuk reduksi *scale* dengan waktu 15 menit didapatkan hasil *scale* tereduksi sebesar 0.943 gr dari berat awal 5.001 gram menjadi 4.058 gr, pada pereduksi *scale* dengan waktu 20 menit menjadi 3.874 gr dari berat awal 5.001 gr sehingga *scale* tereduksi sebesar 1.127 gr.

Dari data diatas dapat dibuat grafik hubungan antara berat *scale* tereduksi dengan waktu perendaman untuk HCl konsentrasi 5 %.

**Gambar 4. 4** Grafik pengaruh HCl konsentrasi 5 % terhadap reduksi *scale*

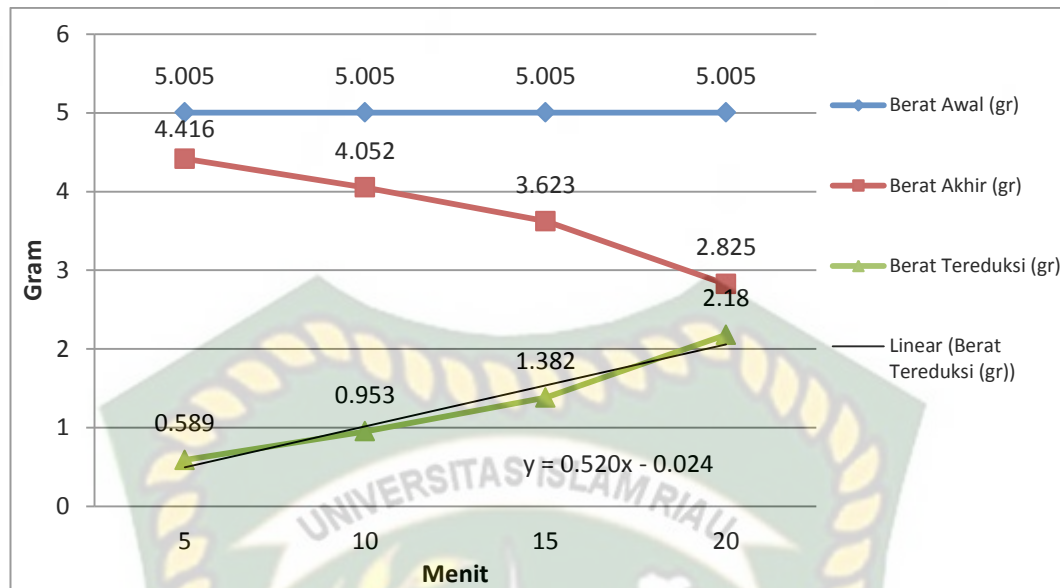
Dari gambar 4,4 di atas dapat dikatakan bahwa waktu pereduksi *scale* berpengaruh terhadap jumlah *scale* tereduksi, semakin lama waktu pereduksi maka semakin besar jumlah *scale* tereduksi. Pada grafik di atas nilai *scale* yang tereduksi dari waktu 5 menit hingga 20 menit bernilai konstan yang dapat dilihat dari garis linear *scale* yang tereduksinya. Pada waktu reduksi 15 menit dan 20 menit terjadi kejenuhan dari HCl 5 % yang mengakibatkan nilai *scale* yang tereduksi tidak terlalu jauh berbeda.

Tabel 4. 6 Pengaruh HCl konsentrasi 10 % terhadap reduksi *scale*

Pereduksi	Waktu perendaman (menit)	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Berat Tereduksi (gr)	Persentase Tereduksi (%)
HCl 10%	5	5.005	4.416	0.589	11.768
	10	5.005	4.052	0.953	19.041
	15	5.005	3.623	1.382	27.612
	20	5.005	2.825	2.18	43.556

Dari tabel 4.6 di atas dapat dilihat hasil pengujian reduksi *scale* menggunakan HCl konsentrasi 10 %. Pada saat proses reduksi *scale* akan terjadi reaksi kimia antara *scale* dengan HCl yang menyebabkan terbentuknya gelembung-gelembung kecil dan *scale* akan terlepas dari bongkahan dan menjadi butiran halus. Reduksi *scale* dengan waktu 5 menit menjadi 4.416 gr dari berat awal 5.005 gr sehingga dapat dikatakan *scale* tereduksi sebesar 0.589 gr, sedangkan reduksi *scale* dengan waktu 10 menit sebesar 0.953 gr dengan berat awal *scale* 5.005 gr menjadi 4.052 gr, pada reduksi *scale* dengan waktu 15 menit menjadi 3.623 gr dari berat awal 5.005 gr sehingga dapat dikatakan *scale* tereduksi sebesar 1.382 gr dan reduksi *scale* dengan waktu 20 menit menjadi 2.825 gr dari berat awal 5.005 gr sehingga total *scale* tereduksi sebesar 2.18 gr.

Dari data di atas dapat dibuat grafik hubungan antara berat *scale* tereduksi dengan waktu perendaman untuk HCl konsentrasi 10 %.



Gambar 4. 5 Grafik pengaruh HCl konsentrasi 10 % terhadap reduksi *scale*

Dari tabel 4.5 tersebut dapat dikatakan bahwa jumlah *scale* tereduksi berbanding lurus dengan waktu reduksi, semakin lama waktu reduksi maka semakin besar hasil *scale* tereduksi. Reduksi *scale* menggunakan HCl 10 % mengalami kenaikan yang cukup tinggi yang dapat dilihat pada garis linear yang ada pada gambar grafik di atas.

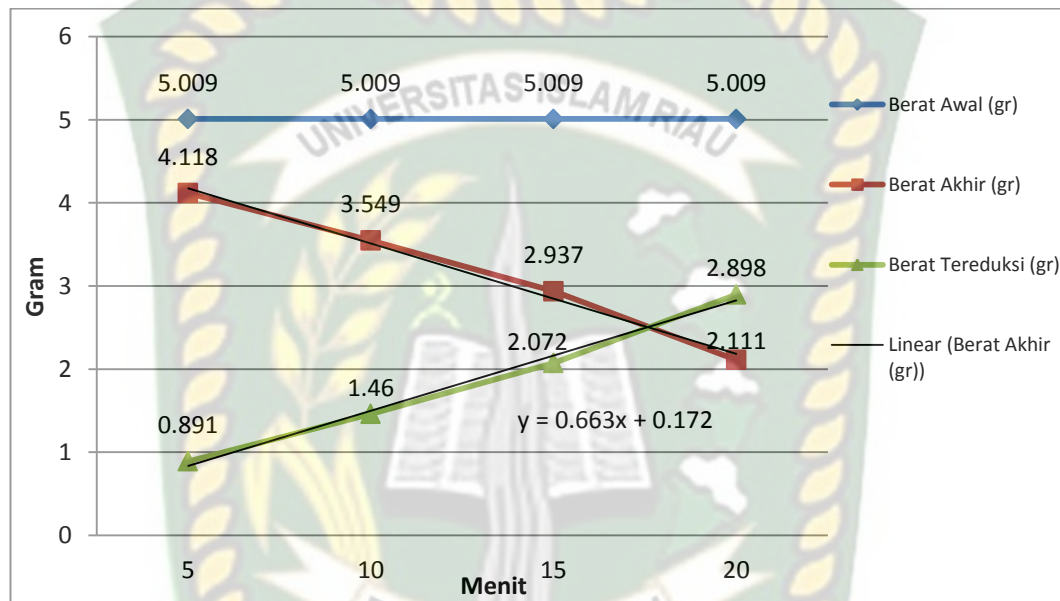
Tabel 4. 7 Pengaruh HCl konsentrasi 15 % terhadap reduksi *scale*

Pereduksi	Waktu perendaman (menit)	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Berat Tereduksi (gr)	Persentase tereduksi (%)
HCl 15%	5	5.009	4.118	0.891	17.788
	10	5.009	3.549	1.46	29.148
	15	5.009	2.937	2.072	41.366
	20	5.009	2.111	2.898	57.856

Dari tabel 4.7 dapat dilihat hasil pengujian reduksi *scale* menggunakan HCl konsentrasi 15 %. Pada proses reduksi *scale* dengan waktu 5 menit didapatkan *scale* tereduksi sebesar 0.891 gr dari berat awal 5.009 gr menjadi 4.118 gr, sedangkan dengan waktu 10 menit menjadi 3.549 gr dari berat awal 5.009 gr sehingga jumlah *scale* tereduksi sebesar 1.46 gr dan pada reduksi dengan waktu 15 menit *scale* tereduksi sebesar 2.072 gr dari berat awal 5.009 gr menjadi 2.937 gr, reduksi *scale* dengan waktu 20 menit menjadi 2.111 gr dari berat awal 5.009 gr sehingga jumlah *scale* tereduksi sebesar 2.898 gr. Sama halnya dengan

HCl konsentrasi 5 % dan 10 %, pada saat proses reduksi *scale* akan terjadi reaksi kimia antara HCl dengan *scale*, reaksi kimia tersebut akan membentuk gelembung-gelembung kecil dan menyebabkan *scale* akan terlepas dan tereduksi serta akan menjadi butiran halus.

Dari data di atas dapat dibuat grafik hubungan antara berat *scale* tereduksi dengan waktu perendaman untuk HCl konsentrasi 15 %.

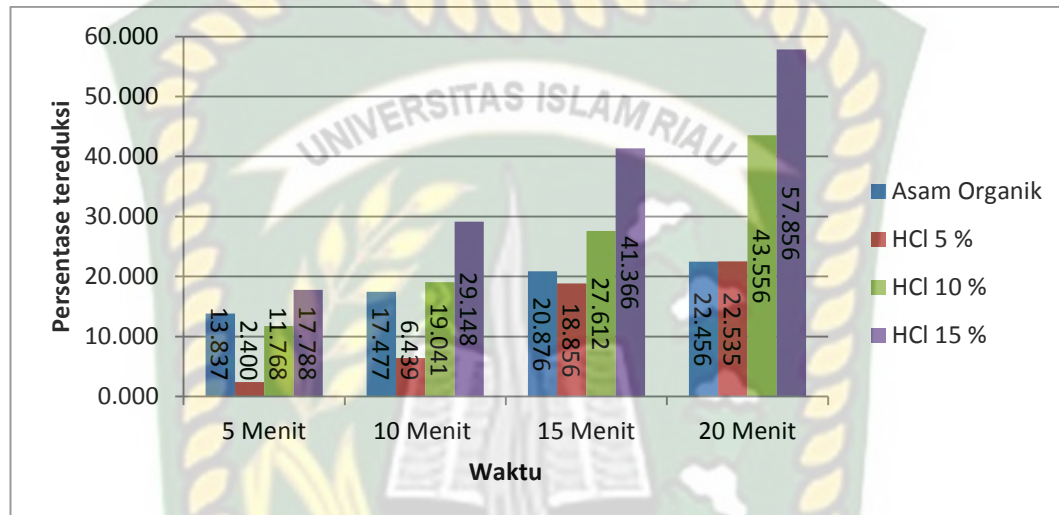


Gambar 4. 6 Grafik pengaruh HCl konsentrasi 15 % terhadap reduksi *scale*

Dari gambar 4.6 dapat dikatakan waktu reduksi berbanding lurus dengan jumlah *scale* tereduksi, semakin lama waktu reduksi semakin besar hasil *scale* tereduksi. *Scale* yang tereduksi menggunakan HCl 15 % memiliki nilai yang sangat besar yang dapat dilihat pada garis linear yang ada pada gambar di atas. Namun, meski nilai reduksi *scale* sangat besar, HC 15 % tidak dianjurkan untuk pereduksi *scale* karena akan menyebabkan masalah korosi pada pipa. Hal ini, dikarenakan HCl 15 % memiliki kadar asam yang kuat.

4.4 ANALISIS PERBANDINGAN REDUKSI *SCALE* MENGGUNAKAN ASAM ORGANIK HASIL *PYROLYSIS* CANGKANG KELAPA SAWIT DAN ASAM KLOORIDA (HCl) KONSENTRASI 5 %, 10 % DAN 15 %

Perbandingan reduksi *scale* menggunakan asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit dengan HCl konsentrasi 5 %, 10 % dan 15 % dapat dilihat pada Gambar 4.6 di bawah ini.



Gambar 4. 7 Grafik perbandingan reduksi *scale* menggunakan asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit dengan HCl konsentrasi 5 %, 10 % dan 15 %

Dari gambar 4.7 di atas dapat dibandingkan hasil reduksi *scale* menggunakan asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit dan HCl konsentrasi 5 %, 10 % dan 15 % dengan melihat dan perbandingan waktu dan berat *scale* tereduksi.

Persentase *scale* yang tereduksi menggunakan asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit dengan waktu 5 menit sebesar 13.837 %, sedangkan *scale* yang tereduksi menggunakan HCl 5 % sebesar 2.40 %, *scale* yang tereduksi menggunakan HCl 10 % sebesar 11.768 % dan reduksi *scale* menggunakan HCl 15 % sebesar 17.788 %. Jadi reduksi *scale* menggunakan asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit dengan waktu 5 menit lebih besar nilainya dibandingkan dengan HCl konsentrasi 5 % dan 10 %. Sedangkan reduksi *scale* menggunakan asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit lebih kecil nilainya dibandingkan dengan HCl 15 %.

Untuk reduksi *scale* dengan waktu 10 menit persentase reduksi *scale* menggunakan asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit sebesar 17.477 %, sedangkan reduksi *scale* menggunakan HCl 5 % sebesar 6.439 %, reduksi *scale* menggunakan HCl 10 % sebesar 19.047 % dan reduksi *scale* menggunakan HCl 15 % sebesar 29.148 %. Reduksi *scale* dengan waktu 10 menit menggunakan asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit masih lebih besar nilainya dibandingkan dengan HCl 5 %. Sedangkan nilai reduksi *scale* menggunakan asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit tidak beda jauh dibandingkan dengan HCl 10 %, namun nilai reduksi *scale* menggunakan asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit lebih kecil dibandingkan dengan HCl 15 %.

Reduksi *scale* dengan waktu 15 menit didapatkan nilai persentase reduksinya sebesar 20.876 % menggunakan asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit, sedangkan menggunakan HCl 5 % persentasenya adalah sebesar 18.856 %, reduksi menggunakan HCl 10 % sebesar 27.612 % dan reduksi *scale* menggunakan HCl 15 % sebesar 41.366 %. Untuk reduksi *scale* menggunakan waktu 15 masih lebih besar dibandingkan dengan HCl 5 %, sedangkan nilai reduksi *scale* menggunakan asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit lebih kecil dibandingkan dengan nilai reduksi *scale* menggunakan HCl 10 % dan 15 %.

Reduksi *scale* dengan waktu 20 menit menggunakan asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit didapatkan persentasenya adalah sebesar 22.456 %, sedangkan nilai reduksi menggunakan HCl 5 % sebesar 22.535 %, reduksi menggunakan HCl 10 % sebesar 43.556 % dan reduksi *scale* menggunakan HCl 15 % sebesar 57.856 %. Nilai reduksi *scale* menggunakan asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit setara dibandingkan dengan HCl 5 %, namun nilai reduksi *scale* menggunakan asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit jauh lebih kecil dibandingkan dengan HCl 10 % dan 15 %.

Scale yang tereduksi juga dipengaruhi oleh waktu yang digunakan selama proses reduksi *scale*, semakin lama waktu reduksi yang digunakan maka jumlah *scale* yang tereduksi akan semakin besar, namun reduksi *scale* dengan waktu yang lama juga tidak akan efisien. Sedangkan untuk penggunaan HCl sebagai pereduksi

scale juga dipengaruhi oleh konsentrasi, semakin besar konsentrasi yang digunakan maka *scale* yang tereduksi akan semakin banyak. Namun, penggunaan HCl dengan konsentrasi 15 % tidak akan efisien karena akan mengakibatkan permasalahan baru seperti dapat menyebabkan korosi pada pipa, pipa bocor dan pecah.

Jadi, reduksi *scale* menggunakan asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit setara dengan reduksi *scale* menggunakan HCl 5 % dengan waktu 20 menit. Penggunaan asam organik ini dapat mengurangi pemakaian HCl, karena HCl merupakan asam kuat yang menyebabkan dampak negatif terhadap pipa distribusi. Sedangkan asam organik merupakan asam lemah karena berasal dari tumbuhan yang bersifat alami. Selain itu, asam organik ini juga mengurangi limbah industri cangkang kelapa sawit, tidak merusak lingkungan dan dari segi harga lebih ekonomis.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

- 1 Berdasarkan hasil pengujian GC-MS diperoleh bahwa senyawa kimia yang terkandung dalam Asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit ada 76 senyawa, senyawa yang dominan ada 12 senyawa yang tergolong kedalam senyawa asam dan fenol.
- 2 *Scale* yang tereduksi menggunakan Asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit sebesar 0.692 gr (13.837 %) dengan waktu 5 menit, 0.874 gr (17.477 %) dengan waktu 10 menit dan 1.044 gr (20.876 %) dengan waktu 15 menit serta 1.123 gr (22.456 %) dengan waktu 20 menit.
- 3 Reduksi *scale* menggunakan asam organik hasil *pyrolysis* cangkang kelapa sawit setara dengan reduksi *scale* menggunakan HCl 5 % dengan waktu 20 menit. Penggunaan asam organik dapat mengurangi pemakaian HCl, karena HCl 5 % merupakan asam kuat yang menyebabkan dampak negatif terhadap pipa distribusi. Sedangkan asam organik merupakan asam lemah karena berasal dari tumbuhan yang bersifat alami.

5.1 SARAN

Adapun saran yang dapat penulis berikan untuk penelitian selanjutnya adalah menggunakan jenis asam organik lain yang paling baik dalam mereduksi *scale* dan menggunakan jenis *scale* lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, N. M., & Said, L. (2015). Analisa Air Formasi Dalam Menentukan Kecendrungan Pembentukan Scale Pada Sumur X , Y dan Z. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 317–325.
- Amjad, Z. (1988). Kinetics of crystal growth of calcium sulfate dihydrate. The influence of polymer composition, molecular weight, and solution pH. *Canadian Journal of Chemistry*, 66(6), 1529–1536. <https://doi.org/10.1139/v88-247>
- Asnawati. (2001). The Effect of Temperature to Phosphonate Reaction in Scale Inhibitor at the Oil Fields. *Ilmu Dasa*, 2(1), 20–26.
- Donachy, J. E., & Sikes, C. S. (1994). Thermal polycondensation synthesis of biomimetic serine- containing derivatives of polyaspartate: Potent inhibitors of calcium carbonate and phosphate crystallization. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 32(4), 789–795. <https://doi.org/10.1002/pola.1994.080320417>
- Ekananda, R., Budiyanto, E. N., Studi, P., Perpipa, D. T., Teknik, J., Kapal, P., Perkapalan, P., & Surabaya, N. (2019). Pengaruh campuran asam sitrat dan asam sulfamat sebagai alternatif pembersihan kerak pada pipa material carbon steel. 2656, 175–180.
- Friadi, R., Prabu, U. A., & Iskandar, H. (2011). *Evaluasi Penanggulangan Scale Dengan Metode Inject Scale Inhibitor Pada Sumur “ X ” Di Pt Pertamina Ep Asset 2 Field Limau Evaluation Scale Tackling of Scale Inhibitors Using the Injection Wells " X " in Pt Pertamina.*
- Haji, A. G. (2013). Komponen Kimia Asap Cair Hasil Pirolisis Limbah Padat Kelapa Sawit. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 9(3), 110. <https://doi.org/10.23955/rkl.v9i3.779>
- Halimatuddahlia. (2003). Pencegahan Korosi dan Scale Pada Proses Produksi Minyak Bumi. *USU Digital Library*, 1–8.

- He, S., Kan, A. T., & Tomson, M. B. (1999). Inhibition of calcium carbonate precipitation in NaCl brines from 25 to 90°C. *Applied Geochemistry*, 14(1), 17–25. [https://doi.org/10.1016/S0883-2927\(98\)00033-X](https://doi.org/10.1016/S0883-2927(98)00033-X)
- Irawan, A., & Isjudarto, A. (2013). *Evaluasi Penanggulangan Problem Scale Pada Flowline Sumur TLJ-XXX DI PT. Pertamina Ep Asset II Field Prabumulih sumatera selatan.*
- Jamaludin, A., & Adiantoro, D. (2012). Analisis Kerusakan X-Ray Fluoresence (XRF). *Issn 1979-2409*, V(09–10), 19–28.
- Jayanudin, & Suhendi, E. (2012). Identification Of Chemical Components Liquid Smoke From Coconut Shell Region Anyer Banten. *Jurnal Agroekoteknologi*, 4(1), 39–46.
- Jordan, M. M., Williams, H., Linares-Samaniego, S., & Frigo, D. M. (2014). New insights on the impact of high temperature conditions (176°C) on carbonate and sulphate scale dissolver performance. *Society of Petroleum Engineers - SPE International Conference and Exhibition on Oilfield Scale 2014*, 495–511. <https://doi.org/10.2118/169785-ms>
- Juandri, A., Rasi, L., & Seda, Y. P. (2016). *Potensi Teknologi Asap Cair Tempurung Kelapa Terhadap Keamanan Pangan.* 1–10.
- Kurniawan, H. Y. (2018). *STUDI PENAMBAHAN ASAP CAIR TEMPURUNG KELAPA GRADE 2 SEBAGAI INHIBITOR KERAK KALSIMUM KARBONAT (CaCO₃) MENGGUNAKAN METODE UNSEEDED EXPERIMENT* (Issue 1). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Lisa Ginayati, M. Faisal, & Suhendrayatna. (2015). Pemanfaatan Asap Cair Dari Pirolisis Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Pengawet Alami Tahu. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(3), 7–11. <https://doi.org/10.32734/jtk.v4i3.1474>
- Ma'mun, H., Bayuseno P, A., & Muryanto, S. (2013). *Pembentukan kerak kalsium karbonat di dalam pipa beraliran laminar pada laju alir 30 ml/menit hingga 50 ml/menit dan penambahan aditif asam malat.* 100–105.

- Manoli, F., Kanakis, J., Malkaj, P., & Dalas, E. (2002). The effect of aminoacids on the crystal growth of calcium carbonate. *Journal of Crystal Growth*, 236(1–3), 363–370. [https://doi.org/10.1016/S0022-0248\(01\)02164-9](https://doi.org/10.1016/S0022-0248(01)02164-9)
- Pradipta, A., Lestari, & Samsol. (2019). Pengaruh Scale Terhadap Produktivitas pada sumu BN-52, BN-104, DAN BN-110 Di Lapangan “X.” *Petro 2019*, VIII(1).
- Pranondo, D., & Agusandi, S. (2017). Evaluasi Permasalahan Scale Sumur SA-33, SA-101, SA-104 DAN SA-108 Di PT. Pertamina Ep Asset 1 Field Ramba. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 8(1), 11–21.
- QS. AR-RUUM: 41. (n.d.).
- Septiani, M., Santoso, K., & Abdul majid, R. (2019). Efektivitas Asam Nitrat (HNO) sebagai pelarut alternatif pada proses Acid Wash terhadap Plate Electrolyzer di PT Kaltim Nitrat Indonesia. *Journal Of Chemical Process Engineering*, 03(March), 02. <https://doi.org/10.33536/jcpe.v3i2.258>
- Suharso, Buhani, & Aprilia, L. (2013). *Pengaruh Senyawa Turunan Kaliksarena Dalam Menghambat Pembentukan Kerak Kalsium Karbonat (CaCO₃). Golongan I*, 495–503.
- Syahri, M., & Sugiarto, B. (2008). *Scale Treatment Pada Pipa Distribusi Crude Oil Secara Kimiawi*. 104(0274), 33–37.
- Umar, M., Amru, R. A., Hadziqoh, N., Zaid, M. H., & Guan, H. beh. (2020). *Biomass Activated Carbon from Oil Palm Shell as Potential Material to Control Filtration Loss in Water-Based Drilling Fluid*.
- Zhang, Y., & Dawe, R. A. (2000). Influence of Mg²⁺ on the kinetics of calcite precipitation and calcite crystal morphology. *Chemical Geology*, 163(1–4), 129–138. [https://doi.org/10.1016/S0009-2541\(99\)00097-2](https://doi.org/10.1016/S0009-2541(99)00097-2)