

**PENGARUH PENAMBAHAN NANOPARTIKEL
 MnFe_2O_4 DAN CoFe_2O_4 TERHADAP SIFAT *RHEOLOGY*
DAN KESTABILAN SEDIMENTASI PADA
*MAGNETORHEOLOGICAL FLUIDS***

TESIS



**Disusun untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat Magister
Program Studi Teknik Mesin**

Oleh:

Kacuk Cikal Nugroho

S951808005

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET**

2020

commit to user


HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH PENAMBAHAN NANOPARTIKEL
 MnFe_2O_4 DAN CoFe_2O_4 TERHADAP SIFAT *RHEOLOGY* DAN
KESTABILAN SEDIMENTASI PADA
*MAGNETORHEOLOGICAL FLUIDS (MRF)***

Oleh:

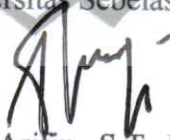
KACUK CIKAL NUGROHO

NIM S951808005

Komisi Pembimbing	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Pembimbing I	<u>Ubaidillah, S.T., M.Sc., Ph.D</u> NIP. 198408252010121004	 2020
Pembimbing II	<u>Prof. Dr.Eng Budi Purnama S.Si, M.Si.</u> NIP. 197311092000031001		<u>13/11</u> 2020

Telah dinyatakan memenuhi syarat
pada tanggal 2020

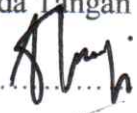


Kepala Program Studi Magister Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta



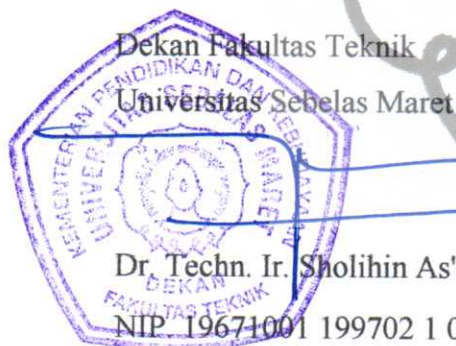
Dr. Zainal Arifin., S.T., M.T.,
NIP. 197303082000031001

**Telah dipertahankan di depan penguji
dan dinyatakan telah memenuhi syarat
pada tanggal 13 November 2020**


Tim Penguji :

Jabatan	Nama	Tanda Tangan
Ketua	Dr. Zainal Arifin, S.T., M.T. NIP.197303082000031001	
Sekretaris	Fitrian Imaduddin, ST., M.Sc., Ph.D. NIP. 198506152018101	
Anggota Penguji	Ubaidillah, S.T., M.Sc., Ph.D. NIP. 198408252010121004	
	Prof. Dr.Eng Budi Purnama S.Si, M.Si. NIP. 197311092000031001	

Mengetahui:



Ketua Program Studi
Magister Teknik Mesin


Dr. Zainal Arifin, S.T., M.T.
NIP.197303082000031001

BIODATA

- a. Nama : Kacuk Cikal Nugroho, ST
- b. Tempat, Tanggal lahir : Surakarta, 15 Juli 1989
- c. Profesi/Jabatan : Mahasiswa S2
- d. Alamat Rumah : Banyuagung, RT 04 RW 02, Kadipiro, Kecamatan Banjarsari, Surakarta, 57136
- Telepon : 085647677543
- Fax : -
- E-mail : k.c.nugroho@student.uns.ac.id

- e. Riwayat Pendidikan di Perguruan Tinggi (dimulai dari yang terakhir):

No.	Institusi	Bidang Ilmu	Tahun	Gelar
1.	S1 FT UNS Surakarta	Teknik Mesin	2007-2014	ST
2.	S2 FT UNS Surakarta	Teknik Mesin	2018- Sekarang	
3.				

- f. Daftar Karya Ilmiah (dimulai dari yang terakhir):

No.	Judul	Penerbit/Forum Ilmiah	Tahun
1.	Effect of Hard Magnetic CoFe_2O_4 Nanoparticles Additives on Improving Rheological Properties and Dispersion Stability of Magnetorheological Fluids	Key Engineering Materials Vol. 855, pp 89-95	2020
2.	The effect of $\text{Mn}_x\text{Co}_{(1-x)}\text{Fe}_2\text{O}_4$ with $x = 0, 0.25$ and 0.5 as nanoparticles additives in magnethorheological fluid	Smart Mater. Struct. 29 (2020) 114004 (12pp)	2020

Surakarta, November 2020



Kacuk Cikal Nugroho

PERNYATAAN KEASLIAN DAN PERSYARATAN PUBLIKASI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Tesis yang berjudul: **“Pengaruh Penambahan Nanopartikel $MnFe_2O_4$ Dan $CoFe_2O_4$ Terhadap Sifat *Rheology* Dan Kestabilan Sedimentasi Pada *Magnetorheological Fluids*”** ini adalah karya penelitian saya sendiri dan tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang tertulis dengan acuan yang disebutkan sumbernya, baik dalam naskah karangan dan daftar pustaka. Apabila ternyata di dalam naskah tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi, baik Tesis beserta gelar magister saya dibatalkan serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.
2. Publikasi sebagian atau keseluruhan isi Tesis pada jurnal atau forum ilmiah harus menyertakan tim promotor sebagai *author* dan PPs UNS sebagai institusinya. Apabila saya melakukan pelanggaran dari ketentuan publikasi ini, maka saya bersedia mendapatkan sanksi akademik yang berlaku.

Surakarta, 18 November 2020

Mahasiswa,



Kacuk Cikal Nugroho
S951808005

ABSTRAK

Efek penambahan nanopartikel *hard magnetic* dan *soft magnetic ferrite-based material* pada *Magnetorheological fluids* (MRF) dianalisis pada tesis ini. Nanopartikel *hard magnetic* yang digunakan adalah CoFe_2O_4 , sedangkan nanopartikel *soft magnetic* diwakili oleh MnFe_2O_4 . Kedua nanopartikel dibuat dengan metode *co-precipitation*. Sebelum melakukan analisa pengaruh nanopartikel tersebut pada MRF, morfologi kedua nanopartikel dianalisa menggunakan FESEM dan dikarakterisasi sifat magnetisasinya menggunakan VSM. Tiga jenis MRF dibuat dengan mencampurkan CIP kedalam minyak silikon. MRF tersebut adalah MRF tanpa tambahan nanopartikel (MRF CIP), MRF dengan tambahan nanopartikel CoFe_2O_4 (MRF CIP+ CoFe_2O_4) dan MRF dengan tambahan nanopartikel MnFe_2O_4 (MRF CIP+ MnFe_2O_4). Konsentrasi berat nanopartikel penambah adalah 1%, dengan konsentrasi berat partikel terdispersi dijaga tetap pada 70%. Karakterisasi ketiga jenis MRF dilakukan dengan VSM. Sedangkan pengujian sifat *rheology* MRF menggunakan *rheometer* dan dilakukan dengan tiga jenis mode pengujian. Mode pengujian tersebut adalah mode *continuous*, mode *oscillatory* dan mode *on-off state*. Pada pengujian mode *continuous*, *rotational plate* pada *rheometer* diputar searah dengan kecepatan yang meningkat secara linier, pada *shear rate* 0.001/s hingga 300/s. Untuk pengujian mode *oscillatory*, *rotational plate* pada *rheometer* diputar secara bolak-balik dengan besar sudut putar yang bervariasi sehingga menghasilkan *strain* sebesar 0.01% hingga 100%. Pengujian mode *on-off state* dilakukan seperti pengujian *continuous* hanya saja dengan *strain* konstan (100%) lalu medan magnet diaplikasikan secara tiba-tiba lalu dihilangkan secara tiba-tiba. Pengujian kestabilan pengendapan dilakukan dengan cara mendiamkan MRF pada tabung ukur pada suhu ruangan. Tinggi rasio pengendapan diukur setiap jam untuk mengamati kecepatan pengendapan MRF.

ABSTRACT

The effects of hard-magnetic and soft-magnetic ferrite-based nanoparticles additions in MRF were observed. The hard-magnetic nanoparticles are represented by CoFe_2O_4 , while the soft magnetic nanoparticles are MnFe_2O_4 . Both nanoparticles are made by co-precipitation methods. Before the analyzing the effect of nanoparticles in MRF, the characteristics of nanoparticles are observed. The morphology of the two kinds nanoparticles are analyzed using FESEM and the magnetic characteristics of nanoparticles are tested using VSM. The three kind of MRF sample are made by mixing CIP into silicone oil. Those MRF samples are MRF without nanoparticles addition (MRF CIP), MRF with CoFe_2O_4 nanoparticles addition (MRF CIP+ CoFe_2O_4) and MRF with MnFe_2O_4 nanoparticles addition (MRF CIP+ MnFe_2O_4). The concentration of the nanoparticles additions is 1wt%, meanwhile the concentrations of dispersed particles are maintained at 70wt%. Magnetic characterization of MRF samples are carried out using VSM. While, the rheological properties of MRF are tested using a rheometer with three types of testing method. Those rheological methods are continuous mode, oscillatory mode and on-off state mode. In continuous mode, the rotational plate on the rheometer is rotated at one direction with a shear rate from 0.001/s to 300/s. For oscillatory mode, the rotational plate on the rheometer is rotated back and forth with varying rotational angles so it has a linear strain of MRF from 0.01% to 100%. On-off state mode is carried out such as continuous mode, but the strain of MRF are constant at 100%. And then the magnetic field is applied suddenly for a few seconds and then abruptly removed. The sedimentations stability test is carried out by settling the MRF on a measuring tube at room temperature. The height of sedimentation ratio is measured every hour to observe the MRF deposition speed.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran ALLAH SWT, Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan dengan judul “ **Pengaruh Penambahan Nanopartikel $MnFe_2O_4$ Dan $CoFe_2O_4$ Terhadap Sifat *Rheology* Dan Kestabilan Sedimentasi Pada *Magnetorheological Fluids*** ” ini dengan baik. Proposal tesis ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Teknik di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Saya sampaikan rasa terimakasih sebesar besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan proposal tesis ini, terutama kepada:

1. Ubaidillah, S.T., M.Sc., Ph.D selaku pembimbing I yang telah mencurahkan segenap perhatian, bimbingan dan nasehat hingga selesainya penulisan tesis ini.
2. Prof. Dr.Eng Budi Purnama S.Si, M.Si selaku pembimbing II yang senantiasa memberikan arahan dan bimbingan dalam penyusunan tesis ini.
3. Dr. Zainal Arifin S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin UNS Surakarta.
4. Seluruh Dosen serta Staf di Jurusan Teknik Mesin UNS, yang telah memberikan ilmu kepada penulis, semoga menjadi amal kebaikan Bapak/Ibu dan bekal meniti karier masa depan hingga masa.
5. Bapak, Ibu, atas do'a restu, motivasi dan dukungan material maupun spiritual selama penyelesaian tesis ini.
6. Seluruh teman-teman Teknik Mesin dan MIPA Fisika yang selalu memberikan support dukungan dan bantuan yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tesis ini masih jauh dari sempurna, maka kritik dan saran penulis harapkan untuk kesempurnaan tesis ini. Semoga tesis ini bermanfaat dalam bidang keteknikan, rekayasa dan mendorong kemajuan teknologi untuk kemandirian bangsa.

Surakarta, November 2020

Penulis

commit to user

Kacuk Cikal Nugroho

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
BIODATA.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN DAN PERSYARATAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Keaslian penelitian	2
C. Perumusan masalah	3
D. Tujuan Penelitian.....	3
E. Batasan masalah	4
F. Manfaat Penelitian	4
BAB 2 LANDASAN TEORI.....	5
A. Tinjauan Pustaka	5
1. Pendahuluan	5
2. Komposisi MRF	5
3. Sifat magnetik material	7
4. Yield stress MRF.....	9
5. Sifat Rheology MRF	10
B. Kerangka Berpikir	11
C. Penelitian terdahulu	12
BAB 3 METODE PENELITIAN	15
A. Tempat dan Waktu Penelitian	15
B. Tahapan Penelitian	15
1. Pembuatan Nanopartikel	16
2. Pengujian Field Emission Scanning Electron Microscopy (FESEM)....	19
3. Pembuatan MRF.....	19

4. Pengujian Vibrating Sample Magnetometer (VSM).....	19
5. Pengujian sifat rheologi.....	20
6. Pengujian kestabilan sedimentasi.....	21
C. PARAMETER PENGUJIAN.....	21
BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	23
A. Hasil dan Pembahasan.....	23
1. Morfologi nanopartikel.....	23
2. Sifat magnetic.....	25
3. Test rheologi.....	28
4. Sifat Sedimentasi.....	39
B. Nilai Keterbaruan	40
C. Keterbatasan Penelitian.....	41
BAB 5 KESIMPULAN.....	43
A. Kesimpulan.....	43
B. Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1. Ilustrasi penambahan surfaktan pada MRF. [32]	6
Gambar 2-2. Ilustrasi penambahan nanopartikel pada struktur rantai partikel MRF	7
Gambar 2-3. Kurva hysteresis material magnetik.....	8
Gambar 2-4. Kurva hysteresis material (a) soft magnetic (b) hard magnetic [36] .	9
Gambar 2-5. Penentuan <i>yield stress</i> pada kurva hubungan <i>shear stress</i> terhadap <i>shear rate</i> [10].	10
Gambar 2-6. Kurva hubungan <i>shear stress</i> terhadap <i>shear rate</i> pada fluida Bingham dan fluida Newtonian	11
Gambar 3-1. Tahapan penelitian	16
Gambar 3-2. Tahap pembuatan nanopartikel	17
Gambar 3-3. Gambar alat rheometer.....	20
Gambar 3-4. Ilustrasi pengujian dengan rheometer	20
Gambar 4-1. Hasil FESEM nanopartikel (a) CoFe_2O_4 dan (b) MnFe_2O_4	24
Gambar 4-2. Grafik distribusi ukuran diameter nanopartikel (a) CoFe_2O_4 dan (b) MnFe_2O_4	25
Gambar 4-3. Diagram histerisis (a) nanopartikel CoFe_2O_4 dan MnFe_2O_4 serta (b) MRF CIP, MRF CIP+ CoFe_2O_4 dan MRF CIP+ MnFe_2O_4	26
Gambar 4-4. Grafik viskositas terhadap <i>shear rate</i> (a) MRF CIP	29
Gambar 4-5. Kurva hubungan <i>shear stress</i> terhadap <i>shear rate</i> MRF sample pada kondisi tanpa medan magnet.....	30
Gambar 4-6. Grafik <i>shear stress</i> terhadap <i>shear rate</i> (a) MRF CIP, (b) MRF CIP+ CoFe_2O_4 dan (c) MRF CIP+ MnFe_2O_4 dengan variasi medan magnet	32
Gambar 4-7. Grafik hubungan antara <i>yield stress</i> dengan medan magnet pada sampel MRF.....	33
Gambar 4-8. Grafik <i>shear stress</i> pengujian <i>on-off state</i> MRF CIP, MRF CIP+ CoFe_2O_4 dan MRF CIP+ MnFe_2O_4	34
Gambar 4-9. Grafik storage modulus dan loss modulud terhadap <i>strain</i> (a) MRF CIP, (b) MRF CIP+ CoFe_2O_4 dan (c) MRF CIP+ MnFe_2O_4 dengan variasi medan magnet	38
Gambar 4-10. Grafik <i>modulus modulus storage</i> terhadap <i>strain</i> pada MRF CIP (simbol titik), MRF CIP+ CoFe_2O_4 (simbol <i>diamond</i>) dan MRF CIP+ MnFe_2O_4 (simbol <i>star</i>).....	39
Gambar 4-11. Grafik rasio sedimentasi terhadap waktu MRF CIP dan MRF CIP+Cofe2o4	40

DAFTAR TABEL

Tabel 2-1. Pemanfaatan material alternative yang sudah dilakukan.....	14
Tabel 3-1. Tabel berat bahan pembuatan nanopartikel	18
Tabel 3-2. Properti CIP grade CC dari BASF.....	19
Tabel 3-3. Tabel parameter pengujian	22
Tabel 4-1. Tabel sifat magnetik nanopartikel	27
Tabel 4-2. Tabel sifat magnetik sample MRF.....	27
Tabel 4-3. Tabel nilai <i>shear stress</i> sampel MRF pada pengujian pengujian <i>continuous</i> dan <i>on-off state</i> di <i>shear rate</i> 100 /s.	35

