

TEKNOIN

JURNAL TEKNOLOGI INDUSTRI

ISSN 0853-8697

Volume 17, Nomor 4, Desember 2011

Penggunaan Metode Elemen Hingga untuk Analisis Termal
pada Proses Las Friksi Alumunium
Agung Nugroho Adi, Yustiasih Purwaningrum, Muhamad Wiradinata

Perancangan dan Analisis Performansi Jaringan USO-WiMAX Berdasar
Potensi Ekonomi Daerah Kabupaten Kulonprogo
Firdaus, Muhammad Nur Arifin, Tito Yuwono

Komposit Hybrid Lumpur Lapindo dan Serat Kenaf untuk Produksi Plafond
Bangunan yang Kuat, Murah dan Ramah Lingkungan Tinjauan Aspek Kimia
Kamariah Anwar

Prototype Alat Penghitung Tarif PDAM dengan Pulsa Elektronik
Berdasar Mikrokontroler ATMega 16
Medilla Kusriyanto

Eksperimental Analisis Daya dan Torsi pada Motor Induksi
Tito Yuwono, Suyamto

Pemintalan Serat Bulu Domba untuk Seni Kriya yang Bernilai Ekonomis
Tuasikal M. Amin

TEKNOIN

Jurnal Teknologi Industri

Jurnal Teknologi Industri TEKNOIN adalah jurnal yang mengkaji masalah yang berhubungan dengan teknologi industri. Penelitian yang dilaporkan dapat berupa penelitian untuk pengembangan keilmuan atau terapan.

Jurnal ini terbit empat kali dalam setahun,
setiap bulan Maret, Juni, September, dan Desember

Pelindung
Gumbolo Hadi Susanto

Pemimpin Umum
Agus Taufiq

Pemimpin Redaksi
Muhammad Ridlwan

Sekretaris Redaksi
Firdaus

Dewan Redaksi
Muhammad Ridwan Andi Purnomo
Hari Purnomo
Asmanto Subagyo
Sri Kusumadewi
Izzati Muhimmah
Hendra Setiawan
Risdiyono

Administrasi
Agus Sumarjono
Pangesti Rahman
Sarjudi

Alamat Redaksi
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km. 14,5 Yogyakarta 55501
Telp. (0274) 895287, Faks. (0274) 895007
E-mail: teknoin@fti.uii.ac.id

DAFTAR ISI

- 188-193 **PENGGUNAAN METODE ELEMEN HINGGA UNTUK ANALISIS TERMAL PADA PROSES LAS FRIKSI ALUMINIUM**
Agung Nugroho Adi, Yustiasih Purwaningrum, Muhamad Wiradinata
- 194-203 **PERANCANGAN DAN ANALISIS PERFORMANSI JARINGAN *USO-WIMAX* BERDASAR POTENSI EKONOMI DAERAH KABUPATEN KULONPROGO**
Firdaus, Muhammad Nur Arifin, Tito Yuwono
- 204-213 **KOMPOSIT *HYBRID* LUMPUR LAPINDO DAN SERAT KENAF UNTUK PRODUKSI *PLAFOND* BANGUNAN YANG KUAT, MURAH DAN RAMAH LINGKUNGAN TINJAUAN ASPEK KIMIA**
Kamariah Anwar
- 214-219 **PROTOTYPE ALAT PENGHITUNG TARIF PDAM DENGAN PULSA ELEKTRONIK BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 16**
Medilla Kusriyanto
- 220-229 **EKSPERIMENTAL ANALISIS DAYA DAN TORSI PADA MOTOR INDUKSI**
Tito Yuwono, Suyanto
- 230-239 **PEMINTALAN SERAT BULU DOMBA UNTUK SENI KRIYA YANG BERNILAI EKONOMIS**
Tuasikal M. Amin

Redaksi menerima tulisan yang belum pernah diterbitkan atau dalam proses penerbitan dari kalangan akademisi dan peneliti. Redaksi berhak mengubah tulisan tanpa mengurangi atau mengubah maksudnya. Pedoman penulisan tercantum pada bagian akhir Jurnal ini.

PENGGUNAAN METODE ELEMEN HINGGA UNTUK ANALISIS TERMAL PADA PROSES LAS FRIKSI ALUMINIUM

Agung Nugroho Adi¹, Yustiasih Purwaningrum², Muhamad Wiradinata³

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia

Jl. Kaliurang km. 14 Sleman Yogyakarta, Telepon (0274) 895287 ekst 147

Email : nugroho@fti.uii.ac.id¹

ABSTRAK

Welding is a method for metal joining by melting some of the parent materials. In most cases the heat for materials melting is generated from fire arc. Instead of fire arc, in Friction Stir Welding (FSW) process heat is generated from friction between rotating tools and materials to be joined. For aluminium application FSW has several advantages over other welding process such as low heat input, low distortion, and better mechanical properties. The purpose of this study was to obtain best translational and rotational velocity parameter for FSW process for aluminium AA6061 series. The study was conducted by modeling FSW process in finite element software.

The result from this study was the best parameter of FSW process for aluminium AA6061 series with thickness 8.13 mm are translational velocity 2.4 mm/s, rotational velocities of 300 – 550 RPM.

Keywords : finite element method, thermal analysis, Friction Stir Welding, Aluminium.

1. PENDAHULUAN

Proses pengelasan adalah proses penambahan sambungan setempat dari beberapa material logam dengan menggunakan energi serta dalam proses penyambungan ini ada kalanya disertai dengan tekanan, pemanasan dan material tambahan (*filler*). Proses pengelasan telah dimanfaatkan oleh manusia sejak zaman prasejarah, dalam rentang waktu antara 4000 sampai dengan 3000 tahun SM. Setelah energi listrik dapat dipergunakan maka teknologi pengelasan berkembang dengan pesat (*Wirjosumarto dan Okumura, 2004*).

Proses pengelasan dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis, yaitu :

- a. *Fusion welding*, yaitu pengelasan yang melibatkan pencairan logam induk beserta *filler*-nya.
- b. *Solid state welding*, yaitu pengelasan yang tidak melibatkan pencairan baik logam induk maupun *filler*

- c. *Soldering* dan *brazing*, yaitu penyambungan logam yang hanya melibatkan proses pencairan *filler* saja.

Pengelasan yang paling banyak digunakan pada industri saat ini adalah pengelasan *MIG (Metal Inert Gas)* akan tetapi pengelasan ini sangat membutuhkan keahlian dari juru las, tergantung pada lingkungan dan hasil pengelasannya memiliki tegangan sisa yang cukup besar. Oleh karena itu saat ini banyak penelitian yang dilakukan untuk mencari alternatif proses pengelasan yang dapat dilakukan dengan mudah dan menghasilkan kualitas hasil las yang baik. Proses pengelasan *FSW (Friction Stir Welding)* adalah salah satu alternatif yang banyak dipergunakan.

FSW adalah proses pengelasan yang masih relatif baru, ditemukan oleh *Wayne Thomas* pada bulan desember 1991. Keuntungan Las *FSW (Staron, dkk, 2004)* adalah:

1. *Heat input* kecil,
2. Mengurangi distorsi
3. Meningkatkan sifat mekanik.

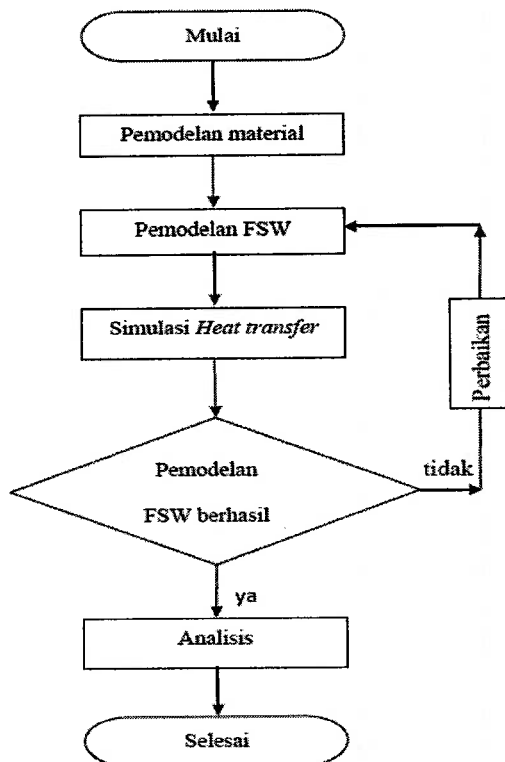
Hasil pengelasan *FSW* lebih kuat dan liat dibandingkan dengan hasil pengelasan busur (*Navy Mantech, 2002*). Keuntungan tersebut didapat karena proses penyambungan terjadi pada suhu dibawah temperatur leleh materialnya. Pengelasan *FSW* baik dilakukan pada material aluminium, magnesium dan dapat menyambung material *dissimilar*.

Proses pengelasan *FSW* dapat digunakan untuk pengelasan *dissimilar* pada pesawat terbang dan dapat menurunkan 30 % berat serta menurunkan biaya pembuatan dan perawatan. (*Lambda Research, 2002*).

Pemakaian aluminium pada alat transportasi mulai banyak dilakukan untuk mengurangi berat dan meningkatkan ketahanan impak (*Hattori, 2000*) Dengan berat yang semakin rendah maka berakibat pada penghematan konsumsi bahan bakar (*Tsujimura, 1998*).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, seperti yang terdapat pada Gambar 1



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

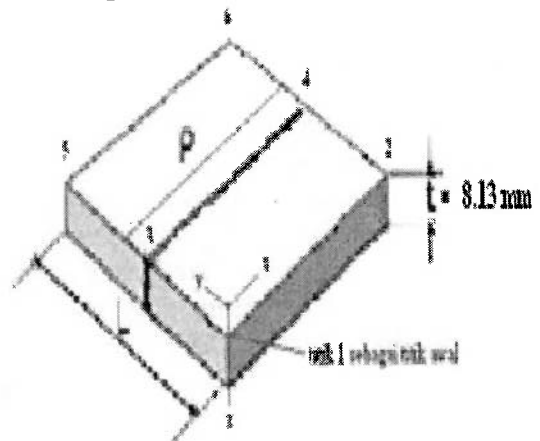
Untuk keperluan analisis maka material yang dilas dimodelkan sebagai aluminium alloy *AA6061-T651* dengan sifat fisik seperti tertera pada tabel 1.

Tabel 1. Sifat Fisik dari Aluminium AA6061-T651

sifat	Besar
ρ	2700 kg/m ³
Cp	896 J/kg K
K	167 W/m K
α	6.9 (x 10 ⁻³ m ² /s)
Ts	855 K

(Sumber : Samir dan Ali, 2009)

Adapun geometri material dimodelkan sebagai plat seperti yang tertera pada Gambar 2 dengan koordinat masing-masing titik tercantum pada Tabel 2.



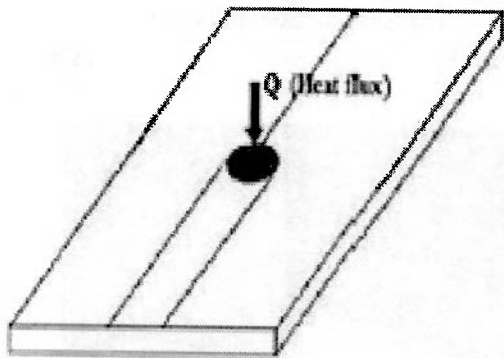
Gambar 2. Pemodelan Geometri Material

Tabel 2. Koordinat Geometri Material

Titik	Sumbu X	Sumbu Y	Sumbu Z	Titik	Sumbu X	Sumbu Y	Sumbu Z
1	0	0	0	7	0	0	-0.00813
2	0.2	0	0	8	0.2	0	-0.00813
3	0	0.1	0	9	0	0.1	-0.00813
4	0.2	0.1	0	10	0.2	0.1	-0.00813
5	0	0.2	0	11	0	0.2	-0.00813
6	0.2	0.2	0	12	0.2	0.2	-0.00813

2.1 Pemodelan Proses Las Friksi

Pada penelitian ini proses las friksi dimodelkan sebagai proses perpindahan kalor dengan *fluks* kalor, yang merupakan representasi dari kalor yang dihasilkan dari proses friksi, berdiameter sesuai dengan *diameter tool* yang bergerak translasi sesuai kecepatan *translasi tool*. Adapun pada permukaan yang tidak terkena *fluks* kalor di modelkan mengalami proses konveksi bebas dengan udara. Pemodelan proses las friksi dijelaskan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pemodelan Proses Las Friksi

2.2 Simulasi Perpindahan Kalor

Langkah berikutnya adalah pembuatan simulasi perpindahan kalor dengan menggunakan parameter-parameter yang telah ditentukan. Simulasi perpindahan kalor ini memanfaatkan salah satu perangkat lunak analisis termal menggunakan metode elemen hingga.

2.3 Analisis Hasil

Berdasarkan hasil simulasi diperoleh laju perpindahan kalor beserta temperatur maksimum yang terjadi. Data temperatur maksimum dibandingkan dengan temperatur luluh material karena pada proses las friksi memerlukan temperatur maksimum lebih rendah dibandingkan temperatur luluh material.

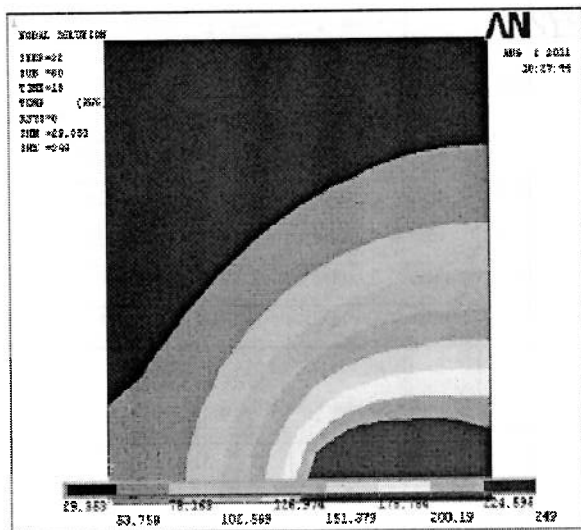
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil simulasi diperoleh nilai *fluks* kalor dan temperatur maksimum yang terjadi pada proses las friksi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

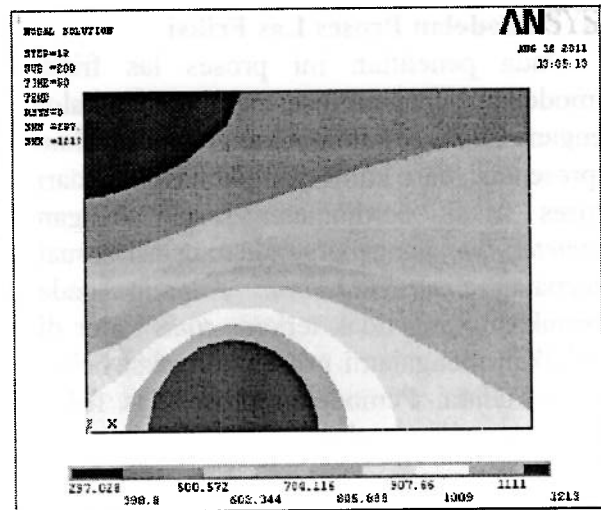
Tabel 3. Perbandingan Energi dan Temperatur Hasil Perhitungan Samir Dan Ali Dengan Hasil Simulasi

case	rpm	$t = 8.13 \text{ mm}, r_0 = 12.7 \text{ mm}, r_1 = 5.0 \text{ mm},$ $h = 8.0 \text{ mm}, v_0 = 2.4 \text{ mm/s}, F = 22 \text{ kN}.$			
		Samir dan Ali		Ansys 12	
		E (J/mm)	T_{\max} (K)	q ($\times 10^4 \text{ W/m}^2$)	T_{\max} (K)
1	50	634	544	3.03	522
2	300	2081	739	9.83	702
3	350	2341	774	11.06	738
4	450	2660	816	12.56	774
5	550	3251	895	15.36	855
case	rpm	$t = 4 \text{ mm}, r_0 = 25.4 \text{ mm}, r_1 = 7.5 \text{ mm},$ $h = 3.9 \text{ mm}, v_0 = 0.208 \text{ mm/s}, F = 4 \text{ kN}.$			
		Samir dan Ali		Ansys 12	
		E (J/mm)	T_{\max} (K)	q ($\times 10^4 \text{ W/m}^2$)	T_{\max} (K)
6	4000	6016	1264	8.21	1213
7	5000	6930	1386	9.485	1338
8	6000	7425	1452	10.16	1402
9	8000	9524	1732	13.03	1681
case	rpm	$t = 4 \text{ mm}, r_0 = 25.4 \text{ mm}, r_1 = 7.5 \text{ mm},$ $h = 3.9 \text{ mm}, v_0 = 0.416 \text{ mm/s}, F = 4 \text{ kN}.$			
		Samir dan Ali		Ansys 12	
		E (J/mm)	T_{\max} (K)	q ($\times 10^4 \text{ W/m}^2$)	T_{\max} (K)
10	4000	4021	998	11.02	958
11	5000	4524	1065	12.40	1027
12	6000	5041	1134	13.82	1095
13	8000	6092	1274	16.69	1235
case	rpm	$t = 4 \text{ mm}, r_0 = 25.4 \text{ mm}, r_1 = 7.5 \text{ mm},$ $h = 3.9 \text{ mm}, v_0 = 0.833 \text{ mm/s}, F = 4 \text{ kN}.$			
		Samir dan Ali		Ansys 12	
		E (J/mm)	T_{\max} (K)	q ($\times 10^4 \text{ W/m}^2$)	T_{\max} (K)
14	4000	2964	852	16.25	818
15	5000	3264	897	17.89	857
16	6000	3527	932	19.33	890
17	8000	4081	1006	22.37	964

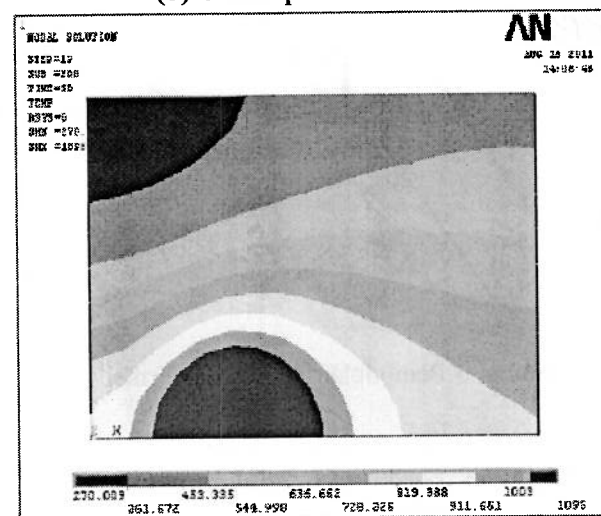
Pemodelan mesin las friksi yang dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak analisis termal metode elemen hingga menghasilkan data yang memiliki temperatur yang lebih rendah bila di bandingkan dengan penelitian yang menggunakan metode perhitungan Samir dan Ali. Hal ini disebabkan oleh adanya pengaruh deformasi material pada temperatur yang dihasilkan mesin las friksi, sehingga energi yang dihasilkan merupakan hasil dari penjumlahan pengaruh gesekan dan deformasi material. Sedangkan pada pemodelan yang dilakukan menggunakan *Ansys 12* temperatur yang didapat pada material dipengaruhi gesekan yang terjadi akibat putaran, kecepatan *transient* dan tekanan *tool* pada saat proses mesin las friksi, hingga sejalan dengan waktu (t) proses ini menghasilkan *heat flux*.



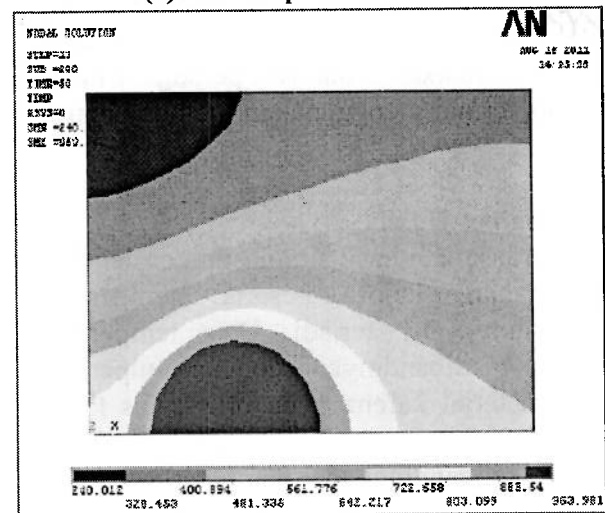
(a) Case 1 pada 10 detik



(b) Case 6 pada 480 detik



(c) Case 12 pada 240 detik



(d) Case 17 pada 120 detik

Gambar 4. Beberapa Contoh Hasil Simulasi Proses Las Friksi

Dengan meninjau Gambar 4 maka dapat dijelaskan bahwa pada putaran 50 rpm temperatur maksimal yang dicapai sekitar 522°K , sehingga tidak cukup besar untuk membuat material AA 6061-T651 dapat meleleh atau mencapai 0.8 titik leburnya (684°K).

Sedangkan untuk case 17 dimana putaran diatur pada kecepatan putar 8000 rpm dan gerak translasi 50 mm/menit maka didapat temperatur maksimal mencapai 964°K , sehingga dapat menjadi masalah ketika temperatur tersebut juga cukup besar untuk melelehkan daerah disekitar *tool*. Untuk dapat lebih jelas lagi dapat dilihat tabel 4 berikut mengenai pembagian energi hasil pada *FSW* berdasarkan temperatur hasilnya.

Tabel 4. Klasifikasi Energi Pada Proses Mesin Las Friksi Berdasarkan Temperatur

Klasifikasi	Tmax (K)	Case	Rotasi (rpm)	T (mm)	V _t (mm/s)
< 0.8 Ts	522	1	50	8.13	2.4
0.8 Ts - Ts	702	2	300	8.13	2.4
	738	3	350	8.13	2.4
	774	4	450	8.13	2.4
	855	5	550	8.13	2.4
	818	14	4000	4	0.833
>Ts	857	15	5000	4	0.833
	890	16	6000	4	0.833
	958	10	4000	4	0.208
	964	17	8000	4	0.833
	1027	11	5000	4	0.208
	1095	12	6000	4	0.208
	1213	6	4000	4	0.416
	1235	13	8000	4	0.208
	1338	7	5000	4	0.416
	1681	8	6000	4	0.416
1681	9	8000	4	0.416	

Energi yang dihasilkan sangat bervariasi, dengan perubahan pada pengaturan kecepatan translasi dan putaran. Dari data tabel 4 temperatur yang dihasilkan, maka

pengaturan mesin las friksi yang memiliki hasil cukup baik adalah proses mesin las friksi yang memiliki temperatur hasil pada daerah sekitar *tool* mencapai lebih dari 80% Ts, tetapi tidak lebih dari temperatur Ts pada area diluar *heat flux*. Parameter ini didapat berdasarkan pemodelan distribusi temperatur, dimana temperatur 80% Ts cukup tinggi untuk menyambung material namun tidak cukup tinggi untuk dapat melelehkan material di luar area *tool / pin*.

Untuk kesemua analisis yang didapat melalui data hasil berupa termal yang terjadi pada mesin las friksi, maka dapat disimpulkan menjadi dua hal yakni pertama energi yang dihasilkan mesin las friksi berbanding lurus dengan kecepatan putar, sehingga semakin besar kecepatan putar maka semakin besar energi yang dihasilkan untuk menaikkan temperatur. Kedua untuk pengaturan kecepatan translasi berbanding terbalik dengan energi yang dihasilkan, sehingga semakin cepat kecepatan translasinya maka semakin kecil energi yang didapat untuk menaikkan temperatur pada suatu area material.

4. KESIMPULAN

Simulasi proses las friksi untuk material aluminium telah dilaksanakan dengan hasil sebagai berikut :

1. Parameter pengelasan untuk mendapatkan hasil terbaik berdasarkan pemodelan dan analisis *Ansys 12* pada pengelasan aluminium AA6061-T651 dengan ketebalan 8,13 mm adalah proses pengelasan dengan menggunakan kecepatan translasi 2.4 mm/s, tekanan 22 kN dan mempunyai kecepatan putar dari 300-550 rpm.
2. Parameter pengelasan untuk mendapatkan hasil terbaik berdasarkan pemodelan dan analisis *Ansys 12* pada pengelasan aluminium AA6061-T651 dengan ketebalan 4 mm adalah proses pengelasan dengan menggunakan kecepatan translasi 50 mm/menit,

tekanan 4 kN dan mempunyai kecepatan putar 4000 rpm.

DAFTAR PUSTAKA

- Chao, Yuh, J., Qi, X., and Tang, W. (2003) *Heat Transfer In Friction Stir Welding - Experimental and Numerical Studies*. ASME.
- Dawes, C.J. (1999) *Friction Stir Welding, The Welding Institute*.
- Samir, A., Emam, and Ali, El., Domiaty. (2009) *A Refined Energy-Based Model for Friction - Stir Welding World Academy of Science, Engineering and Technology*.
- Sonawan H., Suratman R. (2003) *Pengantar untuk Memahami Proses Pengelasan Logam*. Penerbit Alfabeta, Bandung.
- Surdia, T., dan Saito, S. (1999) *Pengetahuan Bahan Teknik, Cetakan ke-4* PT.Pradnya Paramita, Jakarta.
- Wiryosumarto, Harsono, dan Okumura, Toshie. (2004) *Teknologi Pengelasan Logam*. PT.Pradnya Paramita, Jakarta.

PERANCANGAN DAN ANALISIS PERFORMANSI JARINGAN *USO-WIMAX* BERDASAR POTENSI EKONOMI DAERAH KABUPATEN KULONPROGO

Firdaus¹, Muhammad Nur Arifin², Tito Yuwono³

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia

Jalan Kaliurang Km 14,5 Sleman, Yogyakarta

Email : firdaus@uii.ac.id¹

ABSTRACT

Universal Service Obligation (USO) aims to equal the construction of telecommunication facilities, so that access to telecommunications and the internet is not only concentrated in urban areas but also suburban and rural areas. This will promote the establishment of rural communities that have good ability in informations and it can improve the welfare of the community. One of the technologies used is WiMAX 802.16d. WiMAX is a broadband wireless access technology (BWA) which have high-speed access and wide coverage. In this study designed a WiMAX network for the USO based on the economic potential of the regions in Kulonprogo and then it compared with government version. Its simulate using OPNET Modeler 14.5. Traffic application implemented is HTTP, FTP and VOD. In HTTP testing, the results of the research version can improve the value of delay 0.013678594 s. In FTP testing, the results of the research version can improve throughput 135.29 bps. In VOD testing, the results of the research version is able to repair packet loss 6.31%.

Keywords : USO, economic potential, WIMAX, OPNET, HTTP, FTP, VOD.

1. PENDAHULUAN

USO merupakan singkatan dari *Universal Service Obligation*. Program *USO* menitik-beratkan pada pemerataan pembangunan fasilitas telekomunikasi, tidak hanya terkonsentrasi pada wilayah urban, tetapi juga pada wilayah sub - urban dan rural. Sehingga diharapkan wilayah pedesaan juga mempunyai akses telekomunikasi, hal ini menjadi pendorong terwujudnya masyarakat pedesaan yang cerdas informasi dan tanggap terhadap teknologi informasi yang sedang berkembang. Akhirnya akan meningkatkan dan meratakan tingkat kesejahteraan masyarakat. Dirjen Postel sudah memberikan pedoman melalui UU No 36 tahun 1999, PP No 52 tahun 2000, KM No 20 dan 21 tahun 2001 yang mengatur siapa saja pihak yang berkewajiban menjalankan *USO*, pemilihan area *USO*, darimana dana penyelenggaraan *USO* dan

siapa yang berkewajiban menjaga asset - asset *USO*.

Salah satu teknologi yang mendukung program *USO* adalah *WIMAX*. *WIMAX* adalah teknologi akses nirkabel pita lebar yang dikategorikan sebagai teknologi komunikasi generasi keempat (4G). *WIMAX* merupakan standar Internasional *BWA (broadband wireless access)* yang mengacu pada *standard IEEE 802.16*. Standar ini kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh forum gabungan antar perusahaan - perusahaan dunia yang tergabung dalam *WIMAX Forum*.

Pada penelitian ini dirancang skema penentuan jumlah SST berdasar potensi ekonomi daerah dan tingkat kepadatan penduduk di Kabupaten Kulon Progo. Kemudian performansi jaringan dianalisa antara versi penelitian dan dibandingkan dengan versi Balai Telekomunikasi dan Informatika Pedesaan (BTIP). Simulasi dilakukan menggunakan *software OPNET Modeller 14,5*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini dibahas konsep penyelenggaraan *USO* di Indonesia dan teknologi *WIMAX*.

2.1 Penyelenggaraan *USO* di Indonesia

2.1.1 Dasar Hukum Penyelenggaraan *USO* di Indonesia.

Pemerintah melalui UU No 36 tahun 1999 menyatakan bahwa Telekomunikasi diselenggarakan dengan tujuan untuk mendukung persatuan dan kesatuan bangsa, meningkatkan kesejahteraan dan kemakmuran rakyat secara adil dan merata, mendukung kehidupan ekonomi dan kegiatan pemerintahan serta meningkatkan hubungan antar bangsa. Kondisi sekarang menunjukkan *teledensitas* tinggi di daerah perkotaan dan rendah di daerah pinggiran dan pedesaan.

Hal ini dikarenakan dengan kepadatan penduduk yang rendah di daerah pedesaan menjadikan rasio laba bagi investasi menjadi tidak menguntungkan jika dibandingkan dengan daerah perkotaan yang mempunyai kepadatan penduduk yang lebih tinggi ditambah *demand* layanan yang lebih tinggi dan bervariasi dibanding dengan daerah pedesaan. Oleh karena itu dibentuk program *USO*.

Program *USO* menitik-beratkan pada pemerataan pembangunan fasilitas telekomunikasi, tidak hanya terkonsentrasi pada wilayah urban saja, tetapi juga suburban dan rural. Sehingga diharapkan wilayah pedesaan juga mempunyai akses telekomunikasi. Dengan adanya akses telekomunikasi ini, diharapkan menjadi pendorong terwujudnya masyarakat pedesaan yang cerdas informasi dan tanggap terhadap teknologi informasi yang sedang berkembang.

2.1.2 Paket *USO* dan Pembagian Blok

Sesuai dengan KM Kominfo no 32 tahun 2008, minimal kecepatan transfer data (*throughput*) dari CPE ke perangkat operator

yang harus dijamin adalah 56 Kbps. Kecepatan seperti itu hampir sama dengan kecepatan minimal GPRS yaitu 64 Kbps. Sedangkan kecepatan minimal untuk aplikasi yang mendukung layanan *broadband* minimal mempunyai *throughput* 256 Kbps.

Pembagian blok *USO* di Indonesia dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Pembagian Blok - Blok *USO*

2.2 Teknologi *WIMAX*

WIMAX adalah teknologi akses nirkabel pita lebar yang masuk kategori teknologi komunikasi generasi ke-empat (4G). *WIMAX* merupakan standar yang mengacu pada standar IEEE 802.16. Standar ini kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh forum gabungan antar perusahaan - perusahaan dunia yang tergabung dalam *WIMAX* Forum. Standar IEEE 802.16 mempunyai beberapa varian yang dimaksudkan untuk mengembangkan unjuk kerja dan kemampuan dari teknologi *WIMAX*. Tabel 1 memberikan gambaran berbagai perbedaan

karakter dari 4 varian WIMAX. (Faisol Riza, 2010).

Tabel 1. Karakteristik Varian WIMAX IEEE

Parameter	802.16	802.16d	802.16e	802.16m
Ratifikasi	Desember 2001	Juni 2004	Pertengahan 2005	2010
Frekuensi	10 GHz-66 GHz	2 GHz - 11 GHz	2 GHz - 6 GHz	Kurang dari 6 GHz
Layanan	Backhaul	Backhaul dan Wireless DSL	Mobile internet	Mobile internet
Propagasi	LOS	NLOS	NLOS	NLOS
Coverage	2-5 km	Mencapai 50 km	2-5 km	5 km
BW kanal	20,25,28 MHz	1,5 - 20 MHz	1,5 - 20 MHz	5 - 20 MHz
Modulasi	QPSK, 16 QAM, 64 QAM	OFDM 256 subcarrier, BPSK - 64 QAM	OFDMA	OFDMA
Mobilitas	Fixed	Fixed and Nomadic	Pedestrian mobility, regional roaming	Pedestrian mobility
Throughput	32-143 Mbps (28 MHz)	Mencapai 75 Mbps (20 MHz)	Mencapai 15 Mbps (5 MHz)	Mencapai 15 Mbps (5 MHz)

2.2.1 OFDM

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) merupakan suatu teknik pentransmisi data berkecepatan tinggi dengan menggunakan beberapa *signal carrier* secara paralel dalam pemodulasian. Sehingga data yang ditransmisikan akan mempunyai kecepatan yang lebih rendah. OFDM adalah parameter utama dalam WIMAX 802.16d (M. Weles, 2006). Berikut rumus - rumus yang digunakan :

- Frekuensi sampling (F_s) = $n \times BW$
- Subcarrier (Δf) = F_s / N_{FFT}
- Useful symbol time (T_b) = $1 / (\Delta f)$
- Cyclic prefix time (T_g) = $G \times T_b$
- Durasi symbol OFDM (T_s) = $T_b + T_g$

Dengan n adalah faktor sampling, BW adalah bandwidth, dan N_{FFT} adalah ukuran bit *fast fourier transformation*.

Nilai dari perhitungan OFDM tersebut dimasukkan dalam perancangan wimax. Pada Tabel 2 terlihat standar OFDM pada *fixed wimax*.

Tabel 2. Standar pada OFDM fixed wimax

Parameter	Fixed WIMAX
Ukuran FFT	256
Jumlah subcarriers yang digunakan untuk data (Nused)	200
Jumlah subcarriers pilot	8
Jumlah guard subcarriers null	56
Frekuensi (GHz)	2,3
Lebar pita kanal/bandwidth (MHz)	7
Guard time (G)	1/4
Factor Sampling (n)	8/7
Bit per Baud QPSK	2
Coding Rate (C)	1/2
Frekuensi sampling (F_s)	8 MHz
Carrier spacing (Δf)	31.25 kHz
Useful symbol time (T_b)	32 μ s
Cyclic Prefix Time (T_g)	8 μ s
Durasi symbol OFDM (T_s)	40 μ s

2.2.2 Jenis Trafik dan Parameter Performansi.

Jenis Trafik yang digunakan adalah HTTP, FTP dan VOD. Hypertext Transfer Protocol Trafik (HTTP) adalah protokol aplikasi untuk tipe terdistribusi, kolaboratif, dan sistem informasi *hypermedia*. File Transfer Traffic (FTP) adalah protokol jaringan standar yang digunakan untuk mentransfer file dari satu host ke host lain melalui jaringan berbasis TCP, seperti internet. Video on Demand (VOD) adalah sistem yang memungkinkan pengguna untuk memilih dan menonton konten *video on demand*. Teknologi IPTV sering digunakan untuk membawa *video on demand* untuk televisi dan komputer pribadi.

Parameter performansi jaringan yang dipakai adalah *delay*, *throughput*, *jitter* dan *packet loss*. Delay merupakan keterlambatan dalam waktu transmisi data dari pengirim

dan penerima, satuan dari *delay* adalah sekon (detik). *Throughput* adalah suatu istilah yang mendefinisikan banyaknya bit yang diterima dalam selang waktu tertentu dengan satuan paket per detik yang merupakan kondisi *data rate* sebenarnya dalam suatu jaringan. *Jitter* merupakan variasi dari *delay* atau selisih waktu atau interval antar kedatangan paket di bagian penerima. *Packet Loss* didefinisikan sebagai kegagalan transmisi paket mencapai tujuan.

2.3 OPNET

OPNET adalah *tools* simulasi jaringan yang menyediakan jaringan virtual dengan model yang menyeluruh, termasuk router, *switch*, protokol, server dan aplikasi individu. Dengan bekerja di lingkungan *virtual network*, maka *IT* manajer, perencana sistem dan jaringan, dan staf operasi dapat dengan mudah mengatasi masalah sulit, mendiagnosa dengan lebih efektif, mampu memvalidasi perubahan sebelum mereka merancang jaringan sesungguhnya, dan mampu membuat rencana untuk masa depan termasuk skenario pertumbuhan dan kegagalan.

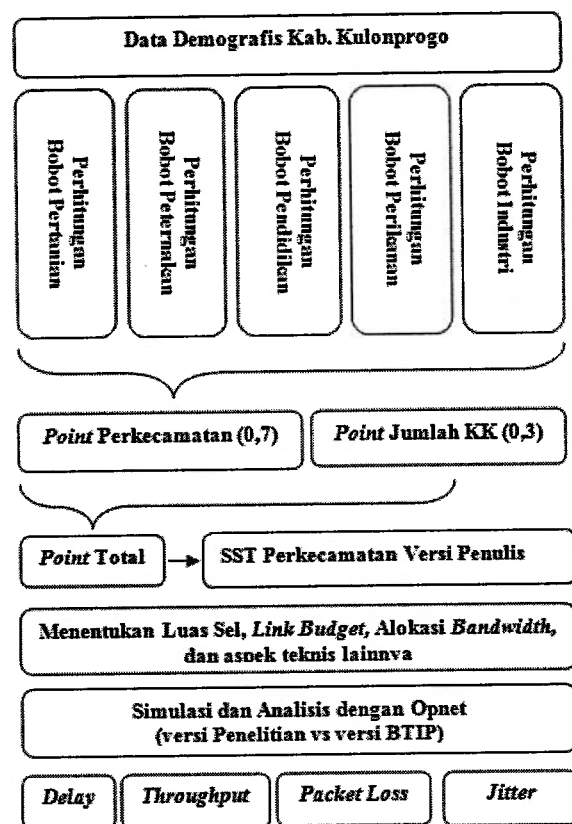
Software ini memiliki kelebihan untuk merancang jaringan berdasarkan perangkat yang ada di pasaran, protokol, layanan dan teknologi yang sedang *trend* di dunia telekomunikasi. Hasil simulasi dapat dibuat dalam beberapa skenario sehingga dapat dijadikan dasar di dalam perencanaan suatu jaringan yang berbasis paket.

3. PERANCANGAN SISTEM

Alur perancangan sistem jaringan *WIMAX* untuk program *USO* berdasar potensi ekonomi daerah Kabupaten Kulonprogo dapat dilihat pada gambar 2. Sistem dirancang menggunakan data demografis kabupaten Kulonprogo dan menggunakan teknologi *WIMAX*.

3.1 Indeks Kemajuan Per-kecamatan di Kabupaten Kulonprogo.

Tabel 3 menerangkan tentang besar indek kemajuan perkecamatan yang ada di Kabupaten Kulonprogo. Terlihat ada 3 kecamatan yang indek kemajuannya sekitar 10 yakni di Kecamatan Lendah, Kecamatan Kokap dan Kecamatan Pengasih. Sedang indek kemajuan kecamatan paling kecil yakni sekitar 7 ada di Kecamatan Temon, Kecamatan Galur dan Kecamatan Girimulyo. Semakin besar indek kemajuan kecamatan maka semakin besar pula trafik yang terjadi di kecamatan tersebut.



Gambar 2. Blok Diagram Alur Perancangan Dan Pengujian

Pencarian bobot pertanian dengan contoh pada komoditas kacang hijau dilakukan dengan cara sebagaiberikut :

- Jumlah harga komoditas kacang hijau untuk semua kecamatan = 1920

- Jumlah harga semua komoditas (kacang hijau, ketela rambat, kedelai putih, kacang tanah, jagung putih pipil, beras IR64) = 1920 + 336 + 702+2024+360 + 960 = 6302
- Bobot untuk komoditas kacang hijau

$$= \frac{\text{jumlah data komoditas kacang hijau}}{\text{jumlah data semua komoditas}} = \frac{1920}{6302} = 0,304 \dots \dots \dots (1)$$

Untuk menghitung jumlah point pertanian (contoh Kecamatan Temon) dengan cara :

$$\sum_{i=1}^6 (\text{harga komoditas} \times \text{bobot})_i \dots \dots \dots (2)$$

$$= 165(0,304) + 30(0,053) + 60(0,111) + 175(0,321) + 35(0,057) + 85(0,152) = 129,5$$

Bobot pertanian perkecamatan dihitung

$$= \frac{\text{Point perkecamatan}}{\text{jumlah point seluruh kecamatan}} \times 100 \dots \dots \dots (3)$$

Contoh penghitungan bobot pertanian untuk

$$\text{Kecamatan Temon} = \frac{129,5}{1495,554} \times 100 = 8,659$$

Untuk mencari bobot peternakan, bobot perikanan, bobot pendidikan, bobot industri dan perusahaan pada masing - masing kecamatan menggunakan cara yang sama dengan cara mencari bobot pertanian. *Point densitas* / jumlah penduduk menunjukkan seberapa besar jumlah penduduk yang diperkirakan menggunakan layanan telekomunikasi. Tabel 3 menjelaskan tabel indeks kemajuan perkecamatan.

Tabel 3. Indeks Kemajuan Perkecamatan

No	Kecamatan	Pertanian (25%)	Peternakan (20%)	Pendidikan (15%)	Perikanan (20%)	Perusahaan dan Industri (20%)	Point Kemajuan Kecamatan
1	Temon	8.6	8.2	6.6	9.6	3.5	7
2	Wates	8.5	8.3	10.9	9.4	9.6	9
3	Panjatan	8.3	8.3	8.4	8.9	3.7	8
4	Gahur	8.2	8.6	6.9	6.0	5.8	7
5	Lendah	8.3	8.3	8.9	5.8	18.8	10
6	Sentolo	8.2	8.2	10.6	9.8	8.5	9
7	Pengasih	8.3	8.2	11.7	9.5	12.2	10
8	Kokap	8.3	8.3	8.6	9.2	12.9	10
9	Girimuljo	8.2	8.4	6.4	8.0	4.6	7
10	Nangulan	8.3	8.4	6.9	8.0	8.4	8
11	Kalibawang	8.5	8.4	6.9	7.4	9.6	8
12	Samigaluh	8.3	8.4	7.2	8.4	2.4	7
Total		100	100	100	100	100	100

3.2 Pendefinisian Trafik dan Jumlah Pengguna Layanan

Intensitas trafik didefinisikan sebagai jumlah total waktu pendudukan kanal dalam selang waktu tertentu. Besar intensitas trafik akan menentukan kebutuhan kanal dari suatu jaringan telekomunikasi. Terdapat 2 point yang menentukan jumlah trafik pada suatu kecamatan tertentu. *Point* yang pertama adalah point kemajuan suatu kecamatan, dan yang kedua adalah *point densitas* / jumlah penduduk.

Point kemajuan kecamatan dihitung dengan melibatkan semua hasil produksi dari semua sektor yang menunjukkan kemajuan suatu kecamatan seperti Pertanian, Peternakan, Pendidikan, Perikanan, Industri dan Perusahaan. *Point* kemajuan kecamatan dihitung dengan rumus (0,1435 x Bobot Pertanian) + (0,1435 x Bobot Peternakan) + (0,1435 x Bobot Perikanan) + (0,2232 x Bobot Pendidikan) + (0,3463 x Bobot Perusahaan dan Industri).

Point densitas / jumlah penduduk dirumuskan dengan (Jumlah KK kecamatan tertentu / Jumlah KK seluruh kecamatan) x 100. *Point* kemajuan kecamatan mempunyai peran yang lebih tinggi dalam menentukan besar trafik perkecamatan dibanding *point densitas* / jumlah penduduk dengan rasio 7 : 3. *Point* total dari kedua *point* di atas di rumuskan dengan (0.7 x *Point* Kemajuan Kecamatan) + (0.3 x *Point Densitas*). Hasil

perhitungan lengkap persebaran jumlah SST per-kecamatan bisa dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Sebaran Jumlah SST Perkecamatan

No	Kecamatan	Jumlah KK	Point Jumlah KK (30%)	Point Kemajuan Kecamatan (70%)	Total point (0.3 Point KK + 0.7 Point Kemajuan)	Jumlah SST versi Penelitian	Jumlah SST versi BTIP
1	Temon	24471	6,293	6,483	6,426	3	4
2	Wates	43995	11,314	9,483	10,032	5	4
3	Panjatan	33397	8,588	6,813	7,346	3	4
4	Gahur	29120	7,488	6,833	7,030	3	4
5	Lendah	36447	9,373	11,750	11,037	5	4
6	Sertolo	44525	11,450	9,084	9,794	5	4
7	Pengasih	45175	11,617	10,554	10,873	5	4
8	Kokap	31124	8,004	10,091	9,465	4	4
9	Girimulyo	21893	5,630	6,579	6,294	3	4
10	Nanggulan	27239	7,005	7,964	7,676	4	4
11	Kalibawang	26802	6,892	8,346	7,910	4	2
12	Samigaluh	24681	6,347	6,020	6,118	3	4
Total		388869	100	100	100	47	46

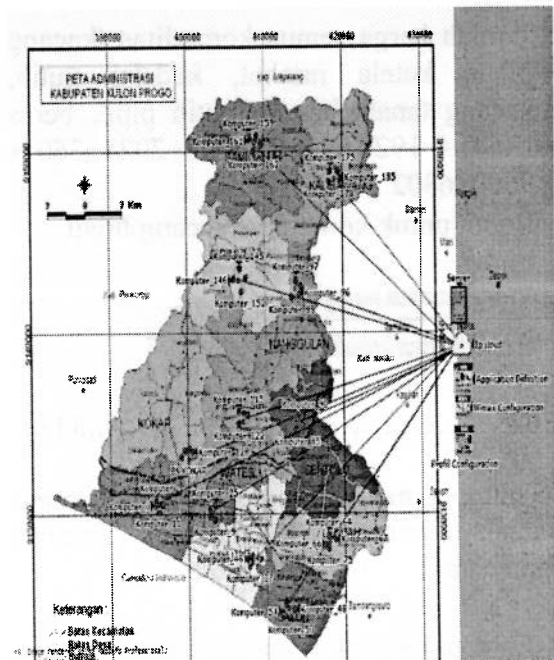
$$\text{Jumlah SST versi Penelitian} = \left(\frac{\text{Total Point}}{100} \right) \times 46 \dots\dots\dots(4)$$

Contoh perhitungan pada Kecamatan Temon, jumlah SST = $\left(\frac{6,426}{100} \right) \times 46 = 2,9 = 3$.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

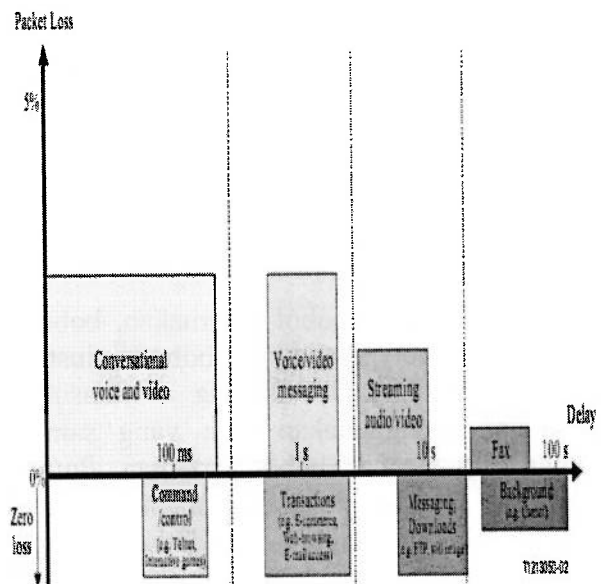
Pada bab ini dibahas hasil pengujian jaringan *Wimax* yang dirancang versi penelitian dan versi *BTIP*. Gambar 3 menjelaskan skema rancangan jaringan *Wimax* untuk program *USO* di Kabupaten Kulonprogo.

Analisis dilakukan setelah hasil simulasi pada Opnet selesai. Hasil pengujian terdiri dari 3 skenario yaitu *HTTP*, *FTP*, dan *VOD*. Hasilnya ditampilkan dalam grafik serta tabel. Pada ketiga skenario tersebut, dibandingkan hasilnya antara versi penelitian dengan versi *BTIP*.



Gambar 3. Skema Jaringan *Wimax* yang Dirancang Untuk Program *USO*

Kedua versi tersebut berbeda dalam jumlah SST perkecamatanannya. Setelah itu semua hasilnya akan dibandingkan dengan standar *ITU-T*. Standar *ITU-T* bisa dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Standar *Qos* *ITU-T*

4.1 Hasil Pengujian

Grafik hasil pengujian untuk skenario *HTTP* dapat dilihat pada gambar 5, 6, 7 dan tabel 5, 6, 7, 8. Hasil lengkap untuk semua skenario bisa dilihat pada tabel 8.

Dari hasil simulasi *HTTP*, terlihat adanya perbedaan rata - rata *delay* antara versi penelitian dengan versi *BTIP*. Perhitungan rata - rata *delay* dari versi penelitian sebagai berikut :

$$\text{Rata - rata delay} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{delay})_i}{n} \dots\dots\dots(5)$$

$$= \frac{0,003817855 + 0,002952764 + \dots + 0,01540033}{168} = 0,044546244 \text{ s}$$

Perhitungan rata-rata *delay* versi *BTIP* :

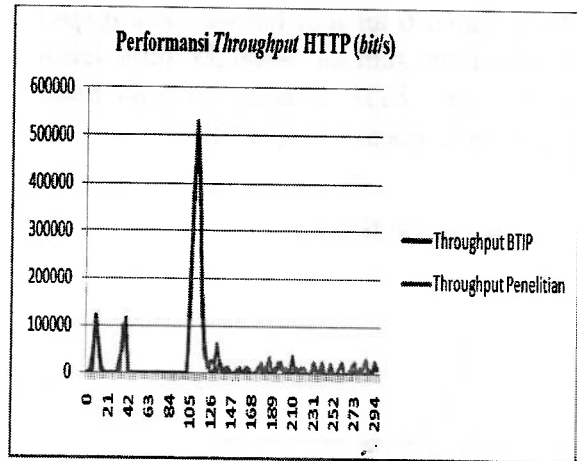
$$= \frac{0,003080808 + 0,003024831 + \dots + 0,01460535}{168} = 0,058224838 \text{ s}$$

Tabel 5 menjelaskan rekapitulasi rata - rata *delay* yang sudah dihitung :

Tabel 5. Nilai Rata - Rata *Delay HTTP*

No	Parameter	Nilai
1	<i>Delay</i> versi penelitian	0,044546244 s
2	<i>Delay</i> versi <i>BTIP</i>	0,058224838 s
3	<i>Delay</i> versi <i>ITU-T</i>	1 s

Pada tabel 5 terlihat bahwa *delay* versi penulis sebesar 0,044546244 s lebih kecil daripada *delay BTIP* sebesar 0,058224838 s. Kedua *delay* tersebut masih lebih kecil dari standar *ITU-T* sebesar 1s. Berarti *delay* masih bagus untuk perancangan jaringan *wimax*. *Delay* versi penelitian lebih baik dibanding *delay* versi *BTIP* sebesar 0,013678594 s.



Gambar 5. Performansi *Throughput HTTP* Versi Penelitian dan Versi *BTIP*

Gambar 5 menjelaskan nilai *throughput HTTP* versi penelitian dan versi *BTIP*. *Throughput* menunjukkan banyaknya bit yang diterima dalam selang waktu tertentu dengan satuan bit perdetik dan merupakan kondisi *data rate* sebenarnya dalam suatu jaringan. Sehingga *Throughput HTTP* bisa diperoleh dengan cara :

$$\text{Throughput} = \frac{\text{jumlah bit yang di terima}}{\text{total waktu pengiriman}} \dots\dots\dots(6)$$

Throughput HTTP versi penelitian

$$= \frac{2525845,336}{297} = 8504,53 \text{ bit/s}$$

Throughput HTTP versi *BTIP*

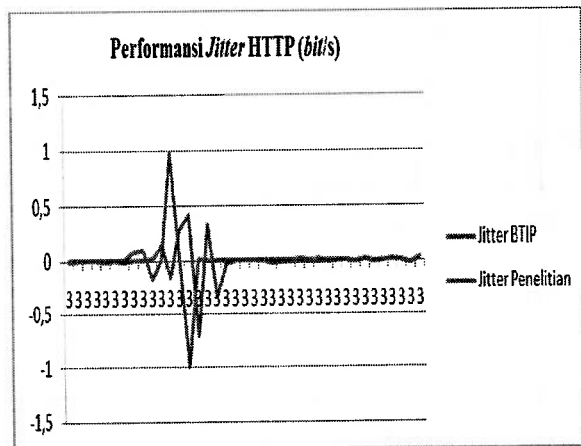
$$= \frac{2653944,668}{297} = 8935,84 \text{ bit/s}$$

Tabel 6 menjelaskan rekapitulasi nilai rata - rata *throughput* pada *HTTP*.

Tabel 6. Hasil Perhitungan *Throughput HTTP*

No	Parameter	Nilai
1	nilai <i>Throughput</i> versi penelitian	8504,53 bit/s
2	nilai <i>Throughput</i> versi <i>BTIP</i>	8935,84 bit/s

Pada Tabel 6 terlihat bahwa *Throughput* versi penelitian sebesar 8504,53 bit/s lebih kecil dari versi *BTIP* sebesar 8935,84 bit/s. Terjadi selisih sebesar 431,31 bit/s.



Gambar 6. Performansi *Jitter HTTP* Versi Penelitian dan Versi *BTIP*

Jitter dihitung dengan cara mengurangi *delay* akhir dengan *delay* sebelumnya. Data didapat dari hasil simulasi. Nilai *jitter* versi penelitian dan versi *BTIP* bisa dilihat gambar 6.

Berikut perhitungan *jitter* rata - rata versi penelitian:

$$\text{Rata-rata jitter} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{jitter})_i}{n} \dots\dots\dots(7)$$

$$= \frac{-0,00087 - 0,000087 + \dots + 0,003591}{114}$$

$$= 0,000274 \text{ s} = 0,274 \text{ ms}$$

Perhitungan *jitter* rata - rata versi *BTIP* :

$$= \frac{-0,00005598 - 0,000066356 + \dots - 0,003652041}{132}$$

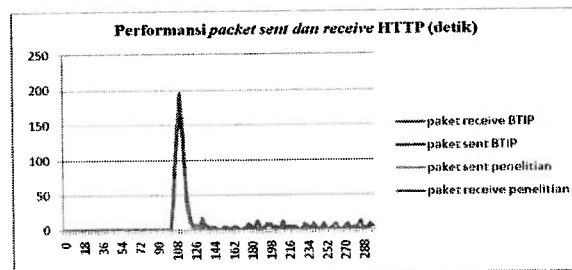
$$= 0,000204002 \text{ s} = 0,204002 \text{ ms}$$

Hasil rata - rata perhitungan dimasukkan dalam tabel. Tabel 7 menjelaskan nilai rata - rata *jitter*.

Tabel 7. Hasil Perhitungan *Jitter HTTP*

No	Parameter	Peak Jitter
1	<i>jitter</i> versi penelitian	0,274 ms
2	<i>jitter</i> versi <i>BTIP</i>	-0,204002 ms
3	<i>jitter</i> versi <i>Tiphon</i>	< 75 ms

Pada tabel 7 terlihat bahwa *jitter* versi penulis sebesar 0,274 ms lebih besar daripada *delay BTIP* sebesar 0,204002 ms. Kedua *jitter* tersebut masih lebih kecil dari standar *Tiphon* sebesar 75 ms. Berarti *jitter* masih bagus untuk perancangan jaringan *wimax*. Hasilnya *Jitter* versi penelitian belum terjadi perbaikan dibanding versi *BTIP*, karena ada perbedaan jumlah *user* perkecamatan dan perbedaan jarak antara *user* dengan *Base Station*.



Gambar 7. Performansi *Packet Sent* dan *Receive HTTP* Versi Penelitian dan Versi *BTIP*

Gambar 7 menjelaskan tentang *packet sent* dan *receive* dari versi penelitian dan versi *BTIP*. *Packet sent* dan *receive* terlebih dahulu di rata-rata. Setelah itu baru bisa dilakukan perhitungan nilai *packet loss*. Untuk menghitung *packet loss* pada sebuah jaringan *wimax* memakai rumus :

$$\text{Packetloss} = \frac{\text{packet sent} - \text{receive}}{\text{packet sent}} \times 100\% \dots\dots\dots(8)$$

Jadi besarnya *paket loss* versi penelitian =

$$\frac{6,91999 - 6,91999}{6,91999} \times 100\% = 0\%$$

Sedangkan *Packet loss* versi *BTIP* =

$$\frac{7,400 - 7,400}{7,400} \times 100\% = 0\%$$

Hasil rata-rata perhitungan dimasukkan dalam tabel. Tabel 8 menjelaskan rata - rata *packet loss*.

Tabel 8. Hasil Perhitungan *Packet Loss* HTTP

No	Parameter	Nilai
1	<i>Packet loss</i> versi penelitian	0 %
2	<i>Packet loss</i> versi BTIP	0 %
3	<i>Packet loss</i> versi ITU-T	< 5 %
4	<i>Packet loss</i> versi Tiphon	0 %

Pada tabel 8 tentang *packet loss* performansi HTTP menjelaskan bahwa *packet loss* versi penelitian dan versi BTIP masih dalam *range* kualitas sangat bagus. Tidak ada terjadi kegagalan pengiriman paket pada performansi HTTP.

Tabel 9 menerangkan tentang hasil perhitungan performansi secara keseluruhan performansi dari *delay*, *throughput*, *jitter* dan *packet loss* versi penelitian dan versi BTIP pada tiga skenario pengujian.

Tabel 9. Hasil Perhitungan Performansi HTTP, FTP, Dan VOD

No	Performansi	Layanan	Versi Penelitian	Versi BTIP	Standar ITU-T	Standar Tiphon
1	<i>Delay</i>	HTTP	0,044846244 s	0,058224838 s	1 s	.
		FTP	0,008670624 s	0,000990055 s	10 s	.
		VOD	0,037329986 s	0,144865295 s	10 s	.
2	<i>Throughput</i>	HTTP	8504,53 bit/s	8935,84 bit/s	.	.
		FTP	11725,76 bit/s	11861,05 bit/s	.	.
		VOD	9628427,431 bit/s	9402063,805 bit/s	.	.
3	<i>Jitter</i>	HTTP	0,274 ms	-0,204002 ms	.	< 75 ms
		FTP	-10,158844 ms	-2,43135 ms	.	< 75 ms
		VOD	3,57 ms	4,60 ms	.	< 75 ms
4	<i>Packed Loss</i>	HTTP	0 %	0 %	< 5 %	< 3%
		FTP	3,9 %	0 %	> 5 %	> 25 %
		VOD	83,80 %	90,11 %	> 5 %	> 25 %

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan, pengujian, analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Perancangan distribusi jumlah SST per-kecamatan pada jaringan USO bisa ditentukan berdasar potensi ekonomi pada masing-masing kecamatan.
2. Potensi ekonomi kecamatan dihitung berdasar nilai jual komoditas pada bidang pertanian, peternakan, dan perikanan, serta jumlah industri dan tingkat pendidikan penduduk pada masing-masing kecamatan.
3. Pada pengujian HTTP, *delay* versi penelitian lebih baik dibanding *delay* versi BTIP sebesar 0,013678594 s.
4. Pada pengujian FTP, *throughput* versi penelitian lebih baik dibanding *throughput* versi BTIP sebesar 135,29 bps.
5. Pada pengujian VOD, *packet loss* versi penelitian lebih baik dibanding *packet loss* versi BTIP sebesar 6,31 %.

5.2 Saran

Berikut saran - saran yang dapat penulis rekomendasikan :

1. Adanya perbandingan teknologi selain WIMAX
2. Adanya variasi model dan variasi frekuensi WIMAX.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS. (2011) *Data Pendidikan Warga, Persebaran Jumlah Industri dan Perusahaan*. BPS Kabupaten Kulonprogo Yogyakarta.
- Dinas Pertanian. (2011) *Data Harga Komoditas Pertanian di Kulonprogo*. Kabupaten Kulonprogo Yogyakarta.

Dinas Peternakan. (2011) *Data Harga Hewan Ternak di Kulonprogo*. Kabupaten Kulonprogo Yogyakarta.

Dinas Perikanan. (2011) *Data Harga Ikan Yang Ada di Kabupaten Kulonprogo*. Kabupaten Kulonprogo Yogyakarta.

Faisol, Riza M. (2010) *Perangkat Jaringan Fixed Wimax*. 802.16d.

KM Kominfo (2008) No. 32 08. <http://publikasi.kominfo.go.id>.

Peraturan Pemerintah (2000) No. 52 00. Penyelenggaraan Telekomunikasi. Departemen Perhubungan dan Telekomunikasi Republik Indonesia.

Undang - Undang (1999) No. 36 99. <http://www.komisiinformasi.go.id>.

Weles, M. (2006) WIMAX General Information About The Standard *IEEE*. 802.16.

KOMPOSIT *HYBRID* LUMPUR LAPINDO DAN SERAT KENAF UNTUK PRODUKSI PLAFOND BANGUNAN YANG KUAT, MURAH DAN RAMAH LINGKUNGAN TINJAUAN ASPEK KIMIA

Kamariah Anwar

*Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km. 14.5, Sleman, Yogyakarta
e-mail: kamariah_53@yahoo.com*

ABSTRAK

Since 2006 the ecological disaster of hot mud that happened in Lapindo still take place until now. One of effort to use the mud is as a composite brick. A mix of lapindo mud, PC cement and kenaf fibre as filler made become plafond building with environmental friendly, strength, cheap, and has good esthetic. The manufacturing process of lapindo mud composite refer to and modify research method based on fiber reinforced concrete (FRC) composites.

In this study, Lapindo mud was dried, grinded and sieved with mesh size 50. Kenaf fibres were cut to lengths of approximately 5–10 cm. In order to improve the mechanical properties of plafond building, kenaf fiber was arranged as micro yarn. As a matrix, PC cement mixed with filler and lapindo mud as reinforcement by ratio 1:3. For increasing Ca content, the limestone was added to the composite. Then, the composite was mixed and stirred with water and PVA compatibilizer. The homogeneous cake composite was molded on casting and pressed. The pressures are applied for 14 days to compact the material in the mould.

In order to determine environmental friendly and toxicity characteristics, the composite was tested on several parameters i.e. heavy metal content, pH, water content, heavy metals leaching by LD50 methode. The lapindo mud contents several heavy metals such as Cr, Mn, Pb, Si, Zn, however the As and Hg metals was undetected. The average pH of hybrid composite was 9,671. The humidity of composite has correlation with the mud contents of composite by 99,8% confidence level. The RH would be increase with increasing of mud contents. Based on testing of material and analyzing characteristics, it was concluded that Lapindo mud plafond building composite wouldn't resulted environmental pollution.

Keywords: composite, environmental friendly, fiber reinforced concrete (FRC)

1. PENDAHULUAN

Lumpur akibat pengeboran PT. Lapindo Brantas di Sidoarjo Jawa Timur sampai sekarang belum ada indikasi untuk berhenti. Berbagai usaha telah dilakukan, namun belum menunjukkan keberhasilan yang signifikan (Eloni,2006). Menurut Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan Bandung, saat ini tidak ada lagi cara untuk menghentikan semburan lumpur. Padahal jumlah lumpur Lapindo akhir 2006 pernah mencapai 148.000 meter kubik perhari, sehingga akan ada gunung baru

akibat penumpukan lumpur itu (Agustanto,2007).

Deputi Menteri Kantor Kementerian Negara Lingkungan Hidup mengatakan semua hasil penelitian menunjukkan bahwa semburan lumpur di Porong masuk kategori B3 (bahan beracun berbahaya). Namun, Kantor Kementerian Lingkungan Hidup memberi rambu, setiap pemanfaatan yang bernilai ekonomis harus aman untuk manusia dan lingkungan hidup. Pemanfaatannya juga harus masif dan dalam waktu singkat dan secara teknis juga harus mudah dilakukan dan murah (Sunudyantoro, 2006).

Menurut Taufiqur Rahman (2006), didasarkan penelitiannya menunjukkan bahwa kadar silika dalam lumpur Lapindo cukup signifikan untuk dipisahkan. Silika dapat menghasilkan nano silika yang berguna untuk memperkuat batako maupun batubata.

Kebutuhan rumah di Indonesia setiap tahun rata - rata sebesar \pm 1,1 juta unit dengan pasar potensial di daerah perkotaan sebesar 40 % atau \pm 440.000 unit. Dari jumlah ini pasokan rumah rata - rata per tahun sebesar 150.000 unit, sehingga mengakibatkan defisit per tahun sejumlah 290.000 unit (Simanungkalit, 2004). Pemasok terbesar dalam memenuhi kebutuhan perumahan bagi masyarakat mengakibatkan defisit per tahun sejumlah 290.000 unit (Simanungkalit, 2004). Pemasok terbesar dalam memenuhi kebutuhan perumahan bagi masyarakat masih dipegang oleh masyarakat sendiri.

Akibatnya ketika masyarakat berpenghasilan rendah semakin banyak maka semakin banyak pula kebutuhan perumahan yang tidak dapat terpenuhi. Belum lagi harga material bangunan yang cenderung meningkat, yang mengakibatkan harga rumah mengalami kenaikan. Harga jual produk rumah sangat dipengaruhi oleh proses produksi (Mutaqi, 2004), salah satunya konstruksi bangunan yang terkait erat dengan bahan bangunan. Untuk memenuhi target tersebut tentu dibutuhkan teknologi bahan alternatif khususnya untuk menyediakan penyediaan plafon yang lebih ekonomis, efisien dan ramah lingkungan. Oleh karena itu pemanfaatan lumpur lapindo sebagai bahan bangunan, khususnya untuk plafon akan menyediakan bahan bangunan yang lebih murah karena bahan baku yang melimpah.

Di Indonesia penelitian tentang produk bahan bangunan seperti: plafon yang berasal dari komposit limbah masih sangat terbatas, padahal saat sekarang bahan baku yang berupa limbah lumpur Lapindo jumlah sangat melimpah dan menjadi *problem* lingkungan yang serius. Oleh karena itu

penelitian ini sangat penting untuk dilakukan karena dirancang untuk memberdayakan potensi limbah lumpur Lapindo yang melimpah dan menjadi problem lingkungan untuk dikompositkan dengan semen (PC) dan serat kenaf sebagai bahan utama dalam pembuatan plafon bangunan yang ringan, memiliki karakteristik mekanik tinggi dan ramah lingkungan. Harapan dalam jangka menengah dan panjang setelah terealisasinya penelitian ini adalah dapat ditumbuh-kembangkan industri bahan bangunan yang dapat meningkatkan persediaan bahan bangunan perumahan yang ekonomis dan terjangkau oleh masyarakat Indonesia di tingkat menengah ke bawah secara luas dengan memanfaatkan sepenuhnya *local resources* yang ramah lingkungan (*eco-friendly*).

Menurut Darmadi (2007), kekuatan tarik dan kekuatan impak komposit meningkat dengan bertambahnya fraksi volume serat kenaf

Tanaman kenaf banyak tumbuh di Sidoarjo dan selama ini belum mempunyai nilai ekonomi yang tinggi. Tanaman kenaf (*Hibiscus cannabinus*) merupakan herba tegak, satu tahunan, tinggi tumbuhan liar mencapai 2 m. Pemanfaatan tanaman kenaf kering pada umumnya untuk pembuatan tekstil kasar seperti karung (Kehati, 2008).

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui potensi lumpur Lapindo sebagai bahan baku utama pembuatan komposit untuk plafon untuk bahan bangunan yang dikompositkan dengan semen (PC) dan serat kenaf berbasis teknologi *fiber reinforced concrete (FRC)* yang ramah lingkungan dengan mengetahui karakteristik kimia dari komposit, sehingga diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif yang besar terhadap penanggulangan bencana lumpur Lapindo yang jumlahnya melimpah dan menjadi pencemar lingkungan yang serius, pengembangan alternatif material bangunan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Komposit adalah suatu bahan yang terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda yang membentuk suatu kesatuan. Jadi, beton bertulang merupakan komposit yang terdiri besi beton dalam matriks beton. Selain itu, plafon yang diperkuat dengan serat (*FRC-fiber reinforced concrete*) adalah komposit yang banyak digunakan dalam bangunan.

Studi karakteristik panel komposit berbasis *fiber reinforced concrete (FRC)* dari limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS), semen (*PC*) dan pasir ditambah *compatibilizer (PVA/RE)*, telah dilakukan peneliti sebelumnya. Penelitian ini merupakan studi untuk mempelajari karakteristik panel komposit berbasis *fiber reinforced concrete* yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panel komposit yang dihasilkan menunjukkan kepadatan (*compatibilitas*) yang *solid* dan mempunyai kuat mekanik (lentur dan tekan) yang cukup tinggi. Penambahan serat kelapa sawit (TKKS) dan *PVA/RE* mempunyai pengaruh yang cukup signifikan terhadap kekuatan mekanik (Fajriyanto dan Feris, 2007).

Studi karakteristik panel komposit berbasis geopolimer dari limbah abu terbang batu bara (*fly ash*), sekam padi, resin gypsum, pasir, fibers, dan semen (*PC*) menunjukkan bahwa secara morfologi dan fisik tampak bahwa panel komposit yang dihasilkan menunjukkan kepadatan (*compatibilitas*) yang *solid* tetapi masih berat. Selanjutnya dilakukan rekayasa penurunan berat dengan memperbanyak sekam padinya. Hasilnya menunjukkan penurunan berat yang signifikan tetapi secara morfologi dan fisik terjadi penurunan kepadatan (*compatibilitas*). Oleh sebab itu rekomendasi dilakukan dalam penelitian selanjutnya kedepan adalah perlu penambahan bahan *compatibilizer* atau aditif yang optimal untuk meningkatkan kompatibilitasnya (Firdaus *et al.* 2006).

Penelitian tentang prospek papan komposit serat tebu-semen sebagai bahan bangunan alternatif berbasis *fiber reinforced concrete (FRC)* telah dilakukan. Teknologi pembuatan papan komposit serat tebu-semen ini tidak memerlukan keahlian yang tinggi dan tidak memerlukan peralatan yang canggih. Untuk menambah keplastisan adukan dapat ditambahkan abu terbang (*fly ash*) atau bubuk kapur sehingga dapat mengurangi kuantitas semen yang harganya mahal. Khusus untuk serat tebu, sebelum digunakan harus direndam dalam larutan NaOH 1% selama 3 jam atau direndam dalam larutan kapur 10% selama 48 jam untuk mengurangi atau menghilangkan bahan lain seperti gula yang akan mengganggu proses pengikatan semen (Randing, 1999).

Penelitian pengaruh penambahan serat ijuk pada pembuatan genteng beton menunjukkan bahwa penambahan serat organik ijuk pada pembuatan genteng beton dapat memperbaiki sifat fisis-mekanis yang dimiliki seperti meningkatkan kekuatan lentur serta mengurangi sifat regasnya. Hasil penelitian membuktikan bahwa dengan penambahan ijuk sebanyak 1 - 2 % dari berat semen dapat mengatasi sifat regasnya serta dapat meningkatkan kekuatan lentur sebesar 12 - 16 %. Kekuatan lentur atau beban lentur dari hasil penelitian yang diperoleh dalam penelitian ini memenuhi syarat mutu tingkat II menurut SK SNI S 04-1989-F. Spesifikasi bahan bangunan bagian A (Randing, 1995).

Agus *et al* (2002), meneliti komposit penguat dari serat alam yang digunakan sebagai bahan bangunan untuk menggantikan serat sintetik berbasis *fiber reinforced concrete (FRC)*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa serat alam sangat potensial untuk dijadikan sebagai bahan bangunan karena bersifat *renewable* dan *biodegradable* dalam pembangunan jangka panjang.

Proses pembuatan dinding komposit berbasis *FRC*, menurut Fajriyanto (2007) mempunyai tahapan tiga tahapan. Pertama adalah persiapan matriks (Semen *PC* dan

aditif PVA/RE), persiapan *reinforcement* dan *filler* (ijuk dan *sludge*) ditimbang dengan berbagai variasi. Tahap kedua adalah proses *blending* dimana matriks, *filler* dan *reinforcement* dicampur dan diaduk hingga rata. Tahap ketiga adalah *casting* adalah proses pencetakan dimana pasta komposit dimasukkan dalam cetakan, diratakan, ditutup dan diberi pembebanan kemudian pengerasan normal pada suhu kamar dan diamlkan 28 hari.

Dalam teknologi *fiber reinforced concrete (FRC)*, para ilmuwan telah mengembangkan material bangunan yang elastis, lebih ringan, awet, dan tidak mudah retak dengan cara mencampurkan serat ke dalam beton. Beton hasil pengembangan tersebut sudah digunakan di Jepang, Korea, Swiss, dan Australia. Hasil pengembangan Universitas Michigan komposit memiliki kemampuan antipecah 500 kali lipat dibandingkan beton biasa, 40 persen lebih ringan dari beton biasa (Kompas, Mei 2005).

3. METODOLOGI

Metode penelitiannya menggunakan desain penelitian eksperimen murni di laboratorium (*true experimental research*). merujuk dan memodifikasi metode berbasis *fiber reinforced concrete (FRC)* yang pernah dilakukan peneliti sebelumnya: Fajriyanto dan Firdaus, 2007; Fajriyanto dan Firdaus, 2005; Fajriyanto dan Firdaus, 2006; Firdaus *et al.* 2006; Prihatmaji, 2005, Prihatmaji, 2002; Agus *et al.* (2005); Randing (1999), Amir (1999), Randing (1995). Referensi tersebut diperlukan untuk mendukung metode dan proses penelitian yang direkayasa atau dimodifikasi sedemikian rupa untuk mengkaji potensi lumpur Lapindo sebagai plafon yang berkualitas, ringan dan ramah lingkungan (*eco-friendly*) berbasis *fiber reinforced concrete (FRC)* dengan teknologi sederhana (*aplicable technology*).

Bahan baku lumpur lapindo yang masih basah dijemur kemudian di oven dalam suhu 60° C untuk mempercepat proses pengeringan. Setelah kering, lumpur lapindo

dilembutkan dengan peralatan *Los Angeles Abrasion* sampai mencapai ukuran 50 - 100 *mesh* dan merupakan *filler* yang siap untuk dilakukan proses berikutnya. Persiapan bahan baku serat kenaf dilakukan dengan cara mengurai serat kenaf kering menjadi serat-serat yang terpisah dari serat lainnya, kemudian dipotong - potong dengan panjang 5 - 10 cm dalam bentuk untaian yang siap menjadi serat yang berfungsi sebagai tulangan mikro untuk meningkatkan karakteristik mekanik komposit . Semen yang digunakan merupakan semen jenis *portland cement (PC)*

Adapun variabel tetap tersebut adalah sebagai berikut :

Tekanan	: 2000 psi
Volume Air	: 28,5 %
Serat kenaf	: 2 %
Kapur	: 0,5 %
Pola anyaman serat kenaf	: untaian

Uji kandungan bahan-bahan kimia yang terdapat dalam lumpur lapindo dilakukan sebelum dilakukan proses pembuatan komposit. Tujuannya adalah untuk mengetahui komposisi logam berat yang terdapat dalam lumpur lapindo.

Proses produksi komposit meliputi kegiatan penimbangan berat bahan baku, proses *blending* dan *casting* . Berat bahan baku berupa lumpur lapindo, semen, pasir, sabut kelapa, PVA dan air ditentukan sesuai dengan desain penelitian. Komposisi dibedakan antara komposit lumpur lapindo, semen, serat kenaf, PVA dan air . Tujuannya adalah untuk mengetahui tingkat perbedaan karakteristik kimianya.

Proses *blending* dilakukan melalui beberapa tahapan : *pertama*, lumpur lapindo dan semen dicampur dalam kondisi kering. Kedua, mempersiapkan air dan PVA dengan cara dicampur dan diaduk secara merata. Ketiga, setelah semen dan lumpur tercampur secara merata dan sempurna, ditambahkan air dan dilakukan pengadukan secara merata. Terakhir, penambahan serat kenaf pada adonan komposit dan dilakukan pengadukan secara merata.

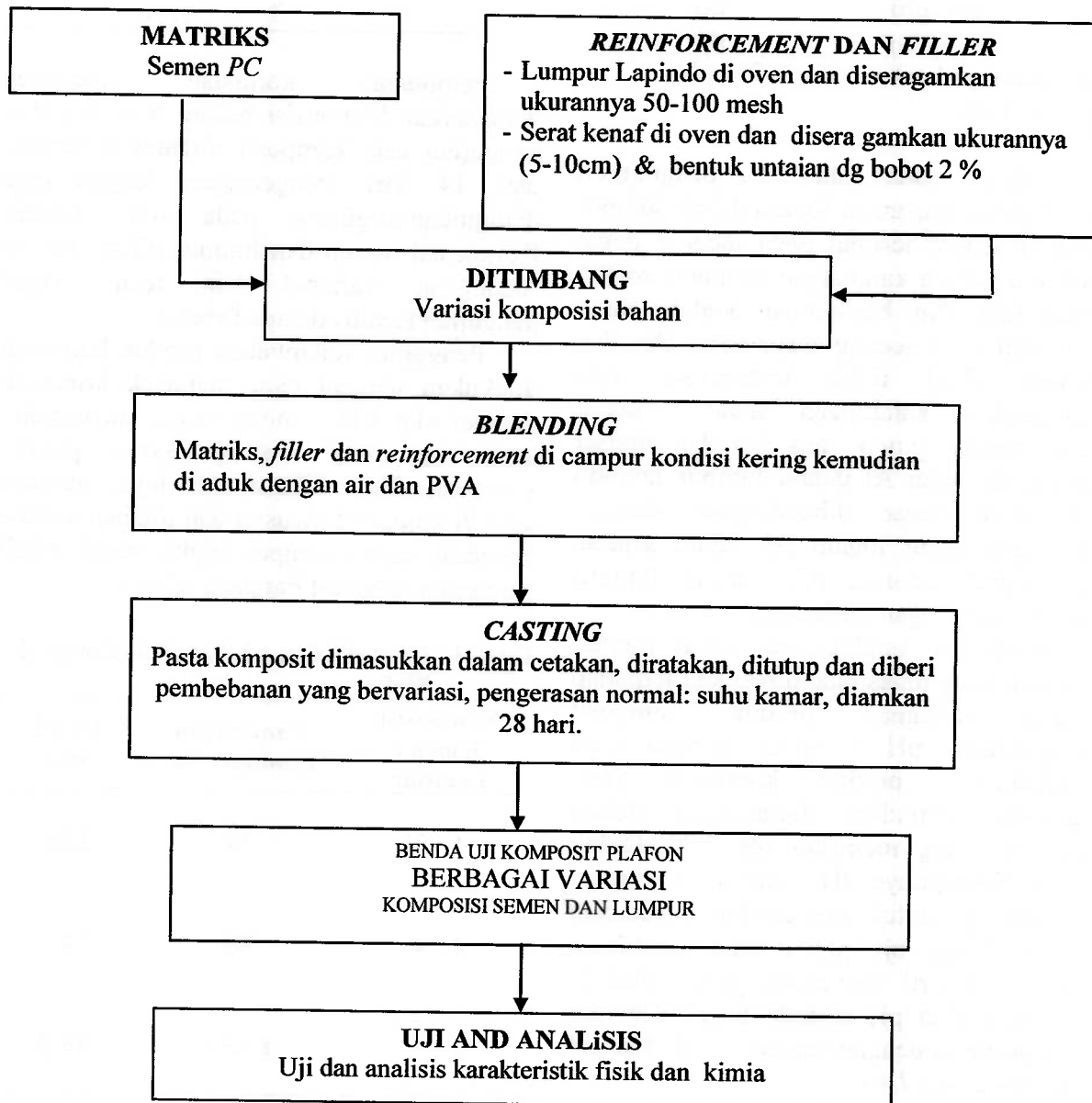
Peralatan *casting* dan *hydraulic presser* dipersiapkan. Adonan komposit dituangkan dalam *casting* secara bertahap hingga penuh sesuai dengan berat yang telah ditentukan. Setelah itu dilakukan pengepresan dengan tekanan sesuai dengan desain penelitian.

Hasil proses *casting* ini merupakan produk komposit yang cukup solid dan menyatu serta mempunyai ikatan yang cukup kuat. Hasil produksi komposit ini merupakan benda uji yang siap untuk dilakukan pengujian sifat fisik, dan kimianya. Alur

proses pembuatan komposit berbasis FRC dapat dilihat pada gambar 1.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penentuan kandungan logam berat dalam lumpur lapindo dilakukan dengan alat *Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)*. Tujuan utama analisis ini adalah mengetahui kandungan logam berat dalam lumpur. Adapun hasil uji kandungan logam berat dalam lumpur lapindo seperti terlihat pada tabel 1.



Gambar 1. Proses Pembuatan Komposit dari Lumpur Lapindo, Semen (PC) dan Serat Kenaf

Tabel 1. Kandungan Unsur-Unsur Dalam Lumpur Lapindo

No.	Parameter	Hasil Pengukuran
1	Al (ppm)	138,098.427
2	Ca (ppm)	1,175.506
3	Cr (ppm)	14.377
4	Mn (ppm)	653.846
5	Pb (ppm)	105.169
6	Si (ppm)	236,817.104
7	Zn (ppm)	330.927
8	As (ppb)	ttd
9	Hg (ppb)	ttd

Ttd = tidak terdeteksi, As = 0,50 ppb ;
Hg = 0,25 ppb.

Berdasar pada data hasil pengukuran kandungan unsur-unsur logam dalam lumpur Lapindo seperti terlihat pada tabel 1 dapat diketahui bahwa kandungan tertinggi adalah silikat (Si) dan berikutnya adalah unsur aluminium (Al), sedang unsur arsen (As) dan Merkuri (Hg) tidak terdeteksi. Jika dibandingkan kandungan unsur - unsur logam dalam semen yang beredar dipasar maka kandungan Al dalam lumpur lapindo jauh lebih besar dibandingkan dengan kandungan unsur logam Al dalam semen, tetapi untuk calsium (Ca) dalam lumpur Lapindo kandungan lebih kecil.

Proses uji karakteristik kimia produk komposit yang dihasilkan dilakukan terhadap kondisi keasaman produk komposit menggunakan pH - meter dengan cara menghaluskan produk komposit yang dihasilkan kemudian dimasukkan dalam *aquabides* yang memiliki pH 7,00 diaduk merata. Selanjutnya pH - meter dicelupkan ke dalamnya untuk mengetahui perubahan pH-nya. Hasil uji pH larutan rendaman komposit seperti tercantum pada tabel 2. Hasil pengujian pH lapindo basah sebelum dikompositkan dengan semen : 7,41 dan pH Lapindo kering: 7,40.

Tabel 2. Hasil Uji pH Komposit

Komposisi semen:lumpur 0,5%kapur	Uji ke	pH	Rata2 pH
1 : 3	1	9,66	9,63
	2	9,67	
	3	9,56	
1 : 4	1	9,78	9,78
	2	9,76	
	3	9,80	
1 : 5	1	9,70	9,67
	2	9,68	
	3	9,64	

Pembuatan komposit dibedakan berdasarkan komposisi bahan. Namun untuk pengujian usia komposit ditentukan sampai usia 14 hari. Pengeringan dengan cara dianginkan-anginkan pada suhu kamar. Komposisi semen dan lumpur dibuat variasi sedangkan variabel lain tetap. Hasil pengujian tertulis dalam Tabel 2.

Pengujian kelembaban produk komposit dilakukan dengan cara menusuk komposit dengan alat RH - meter untuk mengetahui kadar air yang terserap dalam produk komposit. Data dibaca dari layar monitor setelah komposit disusun dan ditahan selama beberapa menit sampai angka stabil. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Kelembaban (RH) Komposit Plafon

Komposisi Semen : Lumpur	Kandungan Lumpur (%)	Rata2 RH
1 : 3	75	33.6
1 : 4	80	34.0
1 : 5	83.33	34.0

Hasil uji respon produk komposit terhadap kelembaban dengan pasir, hasil uji t sampel tunggal (*one-sample t test*)

terhadap kelembaban bahan (RH) menunjukkan bahwa diketahui t Tabel 3 : 2,13 pada tingkat signifikansi 95%. Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa t hitung : 4,413 sehingga jelas bahwa t hitung lebih besar dari t Tabel (t hitung > 2,13 atau t hitung < - 2,13), sehingga dapat diketahui bahwa semakin tinggi kandungan lumpur maka semakin besar kelembaban bahan komposit. Uji korelasi *Pearson* juga menunjukkan bahwa kelembaban bahan komposit berkorelasi dengan kandungan lumpur dalam komposit dengan tingkat kepercayaan 99,983 %.

Perilaku ketahanan gempa (*earthquake resistant*) dapat diukur berdasarkan rasio berat : kekuatan. Tingkat ketahanan gempa material semakin tinggi pada material yang mempunyai rasio berat : kekuatan, yang semakin rendah komposit - kuat lentur semakin kecil, sehingga komposit semakin tahan gempa.

Proses uji interaksi komposit plafon dengan air dilakukan dengan dengan merendam produk komposit plafon dalam selama 24 jam. Pengujian dilakukan dengan menimbang komposit lumpur basah dan menimbang komposit lumpur kering, kemudian jumlah lumpur yang terlarut dalam air, data kelarutan bisa dilihat pada tabel 4

Tabel 4. Tingkat Kelarutan Komposit Dalam Air.

No.	Komposisi Semen : Lumpur	Rata-rata % lumpur yang larut dalam air
1.	1 : 3	2,96
2.	1 : 4	3,87
3.	1 : 5	13,26

Berdasar pada data hasil pengujian terhadap kelarutan dalam terlihat bahwa komposit plafon kurang terhadap air, makin banyak lumpur kelarutannya dalam air makin tinggi

Untuk mengetahui karakteristik komposit terhadap keramahan lingkungan dilakukan uji *heavy metal leaching* (pelepasan logam berat). Data hasil kelarutan logam berat dalam komposit dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Tingkat Kelarutan Logam Dalam Komposit Lapindo

No.	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
1.	Cr	mg/l	0,04523
2.	Cu	mg/l	0,0072
3.	Pb	mg/l	0,0469
4.	Mn	mg/l	0,00717
5.	Zn	mg/l	1,31

Berdasar data hasil pengujian terhadap kelarutan logam berat dari komposit dalam air terlihat bahwa tingkat kelarutan logam - logam dalam komposit plafon adalah Zn, diikuti Pb dan Cr. Jika mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001, Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air bahwa baku mutu air limbah yang merupakan ukuran batas atau kadar pencemar dan atau jumlah pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air. Berdasarkan PP Republik Indonesia tersebut di atas, maka komposit plafon lapindo masih di bawah baku mutu maksimal sehingga tidak memberikan pencemaran lingkungan.

Untuk mengetahui karakteristik komposit plafon terhadap toksisitas, yaitu sifat racunnya terhadap makhluk hidup dilakukan pengujian menggunakan metoda LD₅₀.

LD₅₀ didefinisikan sebagai dosis tunggal suatu zat yang secara *statistic* diharapkan

akan membunuh 50% hewan coba . Sebagai hewan coba digunakan tikus atau mencit.

Hasil pengujian toksisitas dengan rotarot dapat dilihat pada table 6, 7, dan 8

Tabel 5. Jumlah Mencit Jatuh dari Rotarot, Mencit Tidak Mendapat Perlakuan Apapun

Kelompok Kontrol Negatif

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Jml	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-

Tabel 6. Jumlah Mencit Jatuh dari Rotarot Mencit Mendapat Perlakuan Pengasapan Dengan Bata

Kelompok Kontrol Positif

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Jml	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-

Tabel 7. Jumlah Mencit Jatuh dari Rotarot Mencit Mendapat Perlakuan Pengasapan Dengan Komposit 1 : 3

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Jml	-	-	2	1	2	1	3	2	-	-

Berdasarkan data hasil pengujian tersebut diketahui bahwa mencit yang mendapat perlakuan pengasapan dengan komposit 1 : 3 mempunyai tingkat frekuensi jatuh lebih banyak dibandingkan dengan kelompok kontrol positif maupun negatif. Hal ini menunjukkan bahwa komposit semen-lumpur mempunyai pengaruh terhadap frekuensi jatuh mencit. Tetapi apabila dilihat dari frekuensi jatuhnya menunjukkan bahwa komposit belum terlalu berbahaya

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Lumpur lapindo mengandung logam berat Cr, Mn, Pb, Si, Zn sedang logam As dan Hg tidak terdeteksi. kandungan unsur logam di dalam lumpur lapindo tertinggi adalah silikat (Si) dan berikutnya adalah unsur aluminium (Al), sedang unsur arsen (As) dan Merkuri (Hg) tidak terdeteksi. Kandungan air dalam lumpur lapindo cukup besar, yaitu rata-rata sebesar 69,77 persen.
2. Uji kelembaban (RH) komposit menunjukkan bahwa kelembaban bahan komposit *hybrid* plafon berkorelasi dengan kandungan lumpur dalam komposit dengan tingkat kepercayaan 99,98 persen. Semakin banyak kandungan lumpur maka RH komposit semakin besar.
3. Karakteristik *heavy metal leaching* komposit menunjukkan bahwa logam berat yang ter *leaching* tidak menyebabkan pencemaran lingkungan.
4. Komposit semen - lumpur efek toksisitasnya belum begitu membahayakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi yang mendanai penelitian ini dan juga kepada Bapak Ir. Fajriyanto, MT atas kerja samanya dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, H.S.W. et al. (2002) *The Use of Natural Fibre Reinforced Composites in Building Materials, Proceedings-International Symposium : Building Research and The Sustainability of The Built Environment in The Tropics*, Tarumanagara University Indonesia. P. 598-610.

- Agustanto, BP. (2007) Pemerintah Tidak Bisa Hentikan Semburan Lumpur Lapindo. Media Indonesia Online Minggu, 25 Maret.
- Amir, A. (1999) Penggunaan Papan Semen dengan Serat Bambu sebagai Partisi, Wahana Komunikasi Jasa Konstruksi dan Lapangan Kerja, Gelar Tekno Nusa '99 di Graha Sabha Pramana.
- Eloni. (2007) Dosen ITB Dalam Penanggulangan Lumpur Lapindo. *News Portal ITB Jumat. 23 - Maret.*
- Fajriyanto dan Firdaus F. (2007) Potensi Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Sebagai Panel Dinding Bangunan Berbasis Fiber Reinforced Concrete (FRC). *Progress Report of Fundamental Research.* Pusat Sains dan Teknologi DPPM UII.
- Fajriyanto dan Firdaus. (2006) Panel Dinding Partisi dan Plafon Tahan Air dari Komposit Sabut Kelapa (Coco Fiber) dan Sampah Plastik (Thermoplastics). Laporan Penelitian Interdisipliner yang dibiayai oleh DPPM UII Yogyakarta.
- Firdaus F, Widodo, dan Mutaqi A.S. (2006) Studi Awal Karakteristik Panel Komposit Berbasis Geopolimer dari Limbah Abu Terbang Batu Bara (Fly Ash), Sekam Padi, Resin Gypsum and Fibers, Semen (PC). *Progress Report Penelitian yang di Sponsori oleh PT. Anindya M.I, Yogyakarta.*
- Firdaus F. dan Fajriyanto (2006) *Komposit Sampah Plastik (Thermo Plastics) Sabut Kelapa (coco fiber) untuk Produksi Plafon Tahan Air (Water Proof) : Analisis Sifat Mekanik, Fisika - Kimiawi dan Ketahanan Airnya.* Laporan Penelitian Dosen Muda Dikti / Mendiknas.
- Firdaus F. dan Fajriyanto. (2006) Komposit Sampah Plastik - Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Material Utama Untuk Produksi Fiberboards. Riset Unggulan Terpadu XII yang dibiayai Menristek RI 2005 - 2006. *Prosiding Seminar Nasional 19 Agustus 2006 Kimia FMIPA UII.*
- Intan, A.H., Said, E.G., dan Saptono, I.T. (2003) Strategi Pengembangan Industri Pengolahan Sabut Kelapa Nasional. *Jurnal Manajemen dan Agrobisnis.* Vol.1. No.1. Hal. 42 - 54.
- Kompas. (2005) Beton Elastis Tingkatkan Kualitas Jembatan. Sabtu 08 Mei 2005. <http://www.kompas.com/teknologi/news/0505/08/010708.htm>
- Maclaren, Douglas C. and Mary Anne White. (2003) Cement : Its Chemistry and Properties *Journal of Chemical Education.* Volume 80. No. 6. Page 623 - 635.
- Mutaqi, A. Saifudin. (2004) Peran Teknologi Konstruksi dalam Kompetisi Pasar Properti. *Prosiding Seminar Nasional Prospek dan Kendala Bisnis Properti di Indonesia, Magister teknik Sipil UII 15 Juni 2004.*
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. (2001). Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Nomor 82 Tahun 2001 Presiden Republik Indonesia.
- Prihatmaji Y.P. (2005) *Alternatif Papan Panel Interior - Eksterior dari Limbah Kerajinan Bambu dan Batu.* Laporan, Penelitian Laboratorium Teknologi Bahan FTSP / Arsitektur UII Yogyakarta.
- Prihatmaji Y.P. (2002) Alternatif Bahan Dinding Permiabel Untuk Daerah Tropis Lembab. *Simposium Internasional on*

Building Research and The Sustainability of The Built Environment in The Tropics, UNTAR. 2002. 51 - 60.

Randing. (1999) *Prospek Papan Komposit Serat Tebu - Semen Sebagai Bahan Bangunan Alternatif*. Laporan Penelitian Litbangkim Bandung.

Randing. (1995) Pengaruh Penambahan Serat Ijuk Pada Pembuatan Genteng Beton. *Jurnal Penelitian Perumahan*. Vol 11 – 1 / 1995.

SNI 03-1727-1989. (1989) Tata Cara Perencanaan Pembebanan Untuk Bahan Bangunan Rumah dan Gedung.

SNI 03-1736-2000. (2000) Tata Cara Perencanaan Sistem Proteksi Pasif Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Gedung.

SNI 03-1740-1989. (1989) Metode Pengujian Bakar Bahan Bangunan Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Rumah dan Gedung.

Sunudyantoro. (2006) Pemerintah Rumuskan Pemanfaatan Lumpur Lapindo, Tempointeraktif. Jum'at, 14 Juli 2006.

Taufiqur Rahman, Nurul. (2006) Anoteknologi Dapat di Terapkan Atasi Lumpur Lapindo. *Pusat Penelitian Fisika. LIPI*.

PROTOTYPE ALAT PENGHITUNG TARIF PDAM DENGAN PULSA ELEKTRONIK BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 16

Medilla Kusriyanto

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri,
Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

Email: medilla@uii.ac.id

ABSTRACT

Today the counter based electronic pulse rates are utilized by the state company PLN. Various facilities offered by this method because the user can fill electrical power using electric pulses that are sold in a particular place. PDAM as a leading provider of drinking water for the people still using conventional by sending the bill to customer for payment of the volume of water used. In this study attempted to create a prototype of a tool that is used to calculate the rates taps by using electronics pulses. Rate counter is designed using a microcontroller ATmega 16, water flow sensor, solenoid valve and GSM modem. Discharge of water used to calculated based on the output of the flow sensor. The amount of water used debit consumer rupiah will be converted into a form that is used to determine the amount of the remaining balance that saw in LCD. Integrated with microcontroller. Solenoid valve is used to stop the flow water to the consumer if the balance on the counter rate 0. Pulse can be recharge using GSM modem. Due to the limitations of vendor, it is used for charging pulses GSM balance.

Keyword: counter rate, flow water, recharge balance

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air merupakan salah kebutuhan penting bagi semua makhluk hidup tidak terkecuali manusia. Dewasa ini kebutuhan air bersih semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk. Dengan semakin menipisnya sumber air bersih, PDAM sebagai salah satu instansi pemerintah memegang peranan penting dalam penyediaan air bersih secara kontinyu dan berkualitas.

Metode pengukuran air yang masih konvensional membuat pelanggan cenderung boros dalam menggunakan air bersih karena tidak bisa mengatur sendiri pengeluaran air yang digunakan.

Penelitian ini menawarkan *prototype* alat yang digunakan untuk menghitung tarif air yang digunakan pelanggan secara elektronik dan dapat di isi ulang dengan menggunakan

pulsa sebagaimana yang sudah diterapkan oleh PLN agar pelanggan bisa lebih mengontrol pemakaian air.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang sebagaimana dijelaskan di atas maka muncul pertanyaan bagaimana membuat alat penghitung tarif dengan media elektronik yang terintegrasi dengan GSM sistem sebagai penyedia pulsa untuk membatasi pemakaian air.

1.3. Studi Pustaka

Rauf, dalam penelitiannya penghitung tarif PDAM digital memanfaatkan sensor mekanik PDAM untuk dimodifikasi sehingga dihasilkan alat ukur *wattmeter* digital dengan menggunakan tampilan LCD untuk mengetahui jumlah tagihan yang harus dibayarkan pelanggan ke PDAM. Sistem yang dibangun pada penelitian tersebut terbatas pada pembacaan penggunaan air dan

dikonversikan ke dalam bentuk rupiah agar pelanggan bisa mengetahui jumlah tagihan.

1.4. Tinjauan Teori

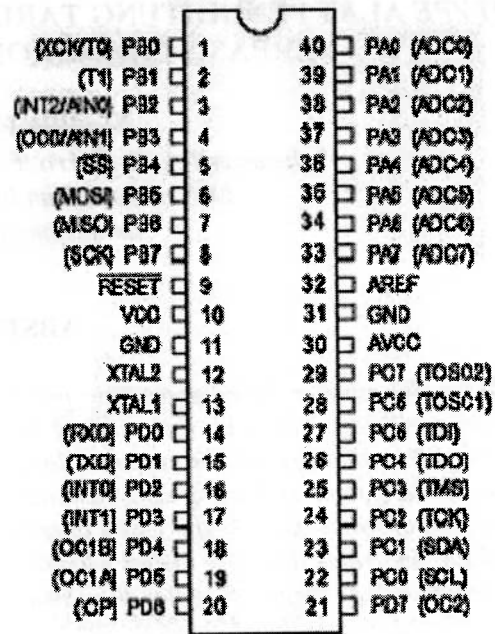
1.4.1. Mikrokontroler ATmega 16

Mikrokontroler sebagai suatu terobosan teknologi mikroprosesor dan mikrokomputer hadir memenuhi kebutuhan pasar dan teknologi baru. Sebagai teknologi baru, yaitu teknologi semikonduktor dengan kandungan transistor yang lebih banyak namun hanya membutuhkan ruangan yang sangat kecil serta dapat diproduksi secara massal (dalam jumlah banyak) sehingga harganya menjadi lebih murah. Mikrokontroler adalah suatu rangkaian terintegrasi (*IC*) yang bekerja untuk aplikasi - aplikasi pengendalian. Untuk mendukung fungsi pengendaliannya, maka suatu mikrokontroler memiliki bagian-bagian sebagai berikut :

- a. *Central Processing Unit (CPU)*
- b. *Read Only Memory (ROM)*
- c. *Random Access Memory (RAM)*
- d. *Pewaktu / Pencacah*
- e. *Unit I/O (Serial/Parallel)*

AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur *RISC (Reduced Instruction Set Computer)*. Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*.

AVR mempunyai 32 register general -purpose, timer / counter fleksibel dengan *mode compare*, *interrupt* internal dan eksternal, serial *UART*, *programmable Watchdog Timer*, dan *mode power saving*, *ADC* dan *PWM* internal. AVR juga mempunyai *In-System Programmable Flash on-chip* yang memungkinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial *SPI*. *ATMega16* mempunyai *throughput* mendekati 1 MIPS per MHz membuat disainer sistem untuk mengoptimasi konsumsi daya versus kecepatan proses.



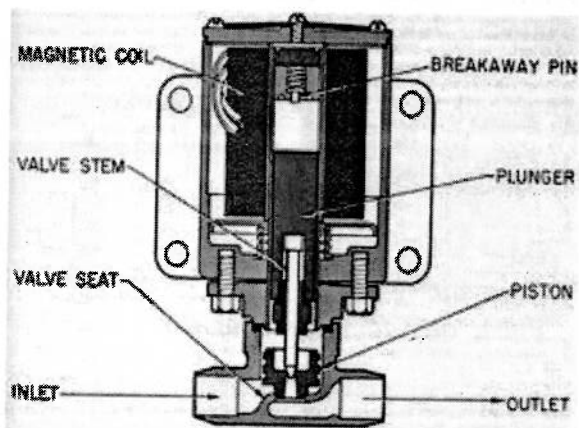
Gambar 1. Pin Mikrokontroler ATMega16

1.4.2. Solenoid

Solenoid valve adalah katup yang di gerakan oleh energi listrik, mempunyai kumparan sebagai penggeraknya yang berfungsi untuk menggerakkan piston yang dapat digerakan oleh arus AC maupun DC, *solenoid valve* atau katup (*valve*) solenoida mempunyai lubang keluaran, lubang masukan dan lubang *exhaust*. Lubang masukan, berfungsi sebagai terminal / tempat cairan masuk atau *supply*. Lubang keluaran, berfungsi sebagai terminal atau tempat cairan keluar yang dihubungkan ke beban. Sedangkan lubang *exhaust*, berfungsi sebagai saluran untuk mengeluarkan cairan yang terjebak saat piston bergerak atau pindah posisi ketika *solenoid valve* bekerja.

Prinsip kerja dari *solenoid valve* / katup (*valve*) solenoida yaitu katup listrik yang mempunyai koil sebagai penggeraknya di mana ketika koil mendapat *supply* tegangan maka koil tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga menggerakkan piston pada bagian dalamnya, ketika piston berpindah posisi maka pada lubang keluaran dari *solenoid valve* akan keluar cairan yang berasal dari *supply*. Pada

umumnya *solenoid valve* mempunyai tegangan kerja 100 / 200 VAC namun ada juga yang mempunyai tegangan kerja DC.



Gambar 2. Bagian *Solenoid Valve*

1.4.3. Magnetic Flow Meter

Electromagnetic flow meter adalah perangkat linier yang dapat dikalibrasi untuk mengukur berbagai variabel yang berbeda sementara juga bereaksi terhadap perubahan dalam gerakan *fluida flow meter* sistem untuk mengukur gerakan, atau laju aliran, dari volume tertentu cairan dan mengekspresikan melalui sinyal listrik. Sebuah *flow meter* standar terdiri dari serangkaian komponen terkait yang mentransmisikan sinyal yang menunjukkan volume, laju aliran, atau volume cairan bergerak melalui saluran tertentu, dan idealnya fungsi *flow meter* se minimal mungkin mendapatkan gangguan dari kondisi lingkungan sekitar.

Electromagnetic flow meter adalah alat ukur yang relatif *non - invasif* yang sangat cocok untuk analisis laju aliran karena jangkauan langsung atas fungsi. Sebuah *Electromagnetic flow meter* dapat diinstal secara relatif sederhana sepanjang jaringan pipa yang ada dapat diubah menjadi sistem pengukuran dengan menerapkan elektroda eksternal dan *magnet. flow meters* ini dapat melacak maju dan mundur aliran dan minimal dipengaruhi oleh gangguan aliran berhubungan dengan viskositas atau kepadatan.

Cara kerja *flow meter* elektromagnetik berdasar pada prinsip - prinsip hukum *Faraday* induksi elektromagnetik. Menurut hukum ini, sebuah konduktor yang melewati medan magnet menghasilkan tegangan sebanding dengan kecepatan relatif antara medan magnet dan konduktor. Hukum ini dapat diterapkan untuk sistem *flow meter electromagnetic* karena cairan banyak konduktif untuk tingkat tertentu. Jumlah tegangan yang mereka hasilkan ketika mereka bergerak melalui suatu bagian dapat ditransmisikan sebagai sinyal mengukur karakteristik kuantitas atau aliran

Rentang fungsional untuk sistem *flow meter* didasarkan pada pergerakan konduktor tegak lurus terhadap medan magnet. Misalnya, sebagai konduktor bergerak panjang tertentu melalui medan magnet dengan kepadatan fluks tertentu, tetap tegak lurus terhadap medan sepanjang X, Y, dan sumbu Z, menghasilkan tegangan di kedua ujung konduktor. Tegangan ini akan sama dengan panjang konduktor kali kerapatan fluks medan dan kecepatan. Hukum *Faraday* meluas ke pengukuran aliran karena panjang konduktor dalam cairan akan sama dengan diameter dalam dari *flow meter* sendiri, dan formula dasar dari induksi elektromagnetik sehingga dapat diterapkan untuk tingkat aliran cairan.

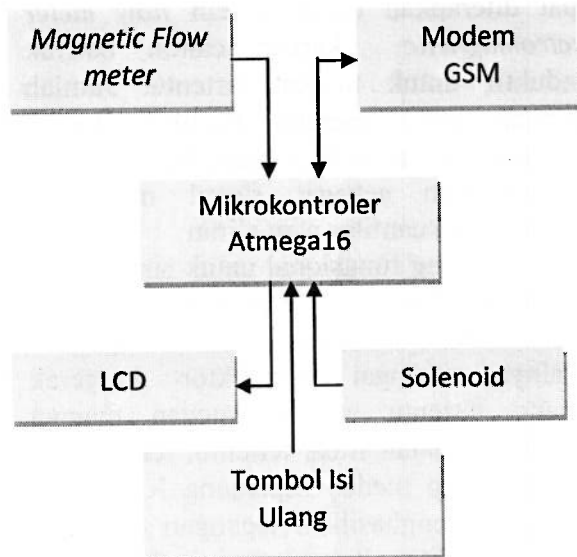
1.4.4. Modem GSM

Modem merupakan perangkat komunikasi dua arah yang digunakan untuk mengisi pulsa elektronik yang digunakan pada alat penghitung tarif air PDAM. Modem ini masih terbatas pada pengisian pulsa telpon karena PDAM belum memiliki *vendor* tersendiri sebagaimana PLN.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Diagram Blok Perangkat Keras

Secara umum, sistem penghitung tarif air dengan menggunakan mikrokontroler ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram Blok Sistem

Cara kerja dari sistem penghitung tarif secara elektronik adalah *magnetic flow meter* sebagai sensor besarnya laju aliran air merupakan piranti pertama dari sistem ini. Mikrokontroler sebagai pusat pengolahan sinyal mengkonversi tegangan keluaran sensor untuk di konversikan ke dalam rupiah sesuai dengan tarif dasar PDAM. Tarif ini yang akan di jadikan sebagai pedoman untuk mematikan dan menghidupkan aliran air dengan menggunakan *solenoid valve*. Besarnya pemakaian air di tunjukkan di penampil LCD. *Wavecom* di gunakan untuk isi ulang pulsa apabila ternyata pulsa air pada sistem penghitung tarif sudah habis dengan cara memasukkan kode tertentu melalui *keypad 3 x 4*.

2.2. Perangkat Lunak

2.2.1. Pembacaan Aliran Air

Sensor *magnetic flow meter* bekerja dengan berdasar hukum *faraday*. Sensor ini

akan mengeluarkan tegangan yang sebanding dengan laju aliran pada inti magnet dalam kasus ini adalah air. Tegangan keluaran akan sebanding dengan laju aliran air pada penampang *flow meter*.

Aliran air diukur dengan memanfaatkan ADC internal mikrokontroler ATmega 16. Potongan program pemakaian ADC adalah sebagai berikut :

```

Do
Data_air=getadc(0)
Pulsa_air=data_air*tarif_dsr
  
```

```

Loop
  
```

2.2.2. Penampilan Sisa Pulsa Dengan Menggunakan LCD

LCD digunakan untuk menampilkan sisa pulsa air yang masih dalam sistem penghitung tarif air. Sisa pulsa merupakan pengurangan sisa yang di isi dengan modem *wavecom* dikurangi dengan konversi data aliran air ke dalam bentuk tarif dasar PDAM. Potongan program untuk penampilan pulsa ini adalah :

```

Config lcd=pin, d4=pinb.4, d5=pinb.5,
d6=pinb.6, d7=pinb.7
Config lcd=pin, R=pinb.0, E=pinb.1
  
```

```

Sisa_pulsa=pulsa-pulsa_air
  
```

```

Locate 1,1
LCD "Sisa Pulsa="
Locate 2,1
LCD sisa_pulsa
  
```

2.2.3. Pengaturan Solenoid Untuk Mengalirkan Dan Menghentikan Aliran Air.

Solenoid valve digunakan untuk mengatur aliran air berdasar pada pulsa yang ada pada sistem penghitung tarif. Bila pulsa habis atau sama dengan 0, maka secara otomatis solenoid akan mati dan apabila pulsa air lebih besar dari 0, *solenoid* secara

otomatis akan mengalirkan air. *Solenoid* di kendalikan dengan menggunakan logika digital yang dihubungkan dengan *portd.1*. potongan programnya adalah sebagai berikut.

```
Config portd.1=output
```

```
Solenoid Alias portd.1  
If sisa_pulsa ==< 0 then  
    Solenoid = 1  
Else  
    Solenoid = 0  
Endif
```

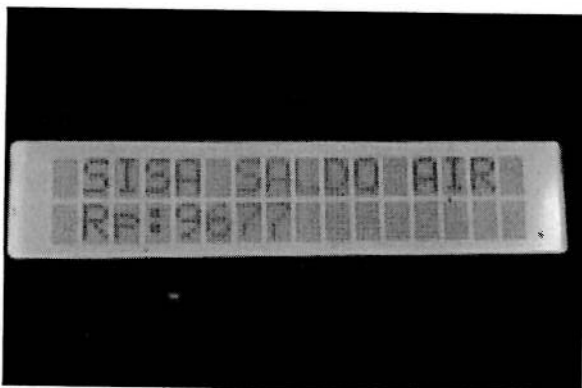
2.2.4. Pengisian Pulsa Dengan Modem *Wavecom*

Modem *wavecom* terhubung dengan mikrokontroler dengan menggunakan komunikasi serial RS232 sehingga untuk bisa menggunakan perangkat ini diperlukan perangkat tambahan berupa *IC MAX232*. Modem ini digunakan untuk mengisi ulang pulsa air yang sudah habis. Pulsa diisi dengan memanfaatkan *keypad* 3 x 4 dan bisa juga dengan pulsa elektronik.

3. PENGUJIAN

3.1. Pengujian *Flowmeter* Sensor

Sensor *flow meter* memiliki keluaran tegangan DC dengan kisaran 3 - 5,25 Volt. Hasil pengujian dari sensor ini yang sudah di konversikan ke dalam bentuk rupiah ditunjukkan pada gambar 4.

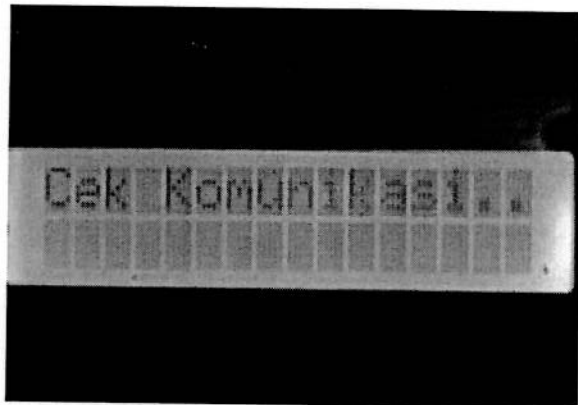


Gambar 4. Hasil Uji Sensor

Dari gambar 4 terlihat bahwa besarnya aliran air bisa digunakan untuk mengurangi jumlah pulsa, hal ini menunjukkan bahwa sensor bekerja sesuai dengan rancangan.

3.2. Pengujian Komunikasi *Wavecom*

Pengujian dilakukan untuk memastikan komunikasi antara modem dengan sistem minimal bekerja dengan baik. Hasil pengujian ditunjukkan pada gambar 5.

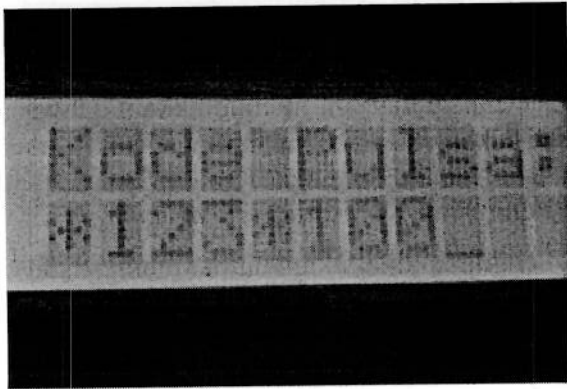


Gambar 5. Pengujian Komunikasi *Wavecom*

Dari gambar 5 ditunjukkan bahwa sistem memeriksa koneksi antara mikrokontroler dengan modem dengan menampilkan cek komunikasi. Dari hasil pengujian, komunikasi antar *wavecom* dan sistem berjalan dengan baik. Hal ini ditunjukkan dengan tampilan OKE pada LCD.

3.3. Pengujian Pengisian Pulsa

Pengisian pulsa dilakukan dengan menggunakan *keypad* 3 x 4 dan dengan menggunakan hp server (pulsa elektronik). Pengisian pulsa dengan *keypad* dilakukan dengan cara memasukkan kode pulsa pada pulsa fisik dengan diakhiri tanda #. Hasil pengujian ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Pengisian Pulsa Fisik

Dari gambar 6 ditunjukkan bahwa pengisian pulsa dapat dilakukan dengan menggunakan *keypad* 3 x 4.

3.4. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Pemakaian Air dan Penggunaan Pulsa

No.	Air yang terpakai	Pulsa terpakai	
	(dalam Liter)	aliran pelan	aliran deras
1	1	293	259
2	2	568	517
3	2.5	730	647
4	3	879	777
5	4	1168	1036
6	5	1465	1295
7	5.5	1600	1425
8	6	1750	1554
9	8	2344	2072
10	10	2920	2590

Dari Tabel 1 ditunjukkan bahwa sistem penghitung tarif air digital dengan modem *wavecom* dapat berjalan sesuai dengan perancangan yang ditunjukkan dengan pembacaan pulsa pada aliran tertentu. Perbedaan pembacaan dikarenakan pada perhitungan belum memasukkan faktor luas penampang pipa.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang bisa didapat dari penelitian ini adalah :

1. Perancangan alat ini difungsikan sebagai sistem perhitungan tarif PDAM secara otomatis.
2. Sistem alat ini dapat bekerja secara otomatis yaitu dengan cara pembacaan debit air yang mengalir dengan *water flow sensor*.
3. Sistem ini menggunakan sistem *autolock* yaitu apabila pulsa habis maka solenoid akan otomatis tertutup dan akan membuka lagi apabila sudah diisi pulsananya.
4. Hasil dari pengujian dan analisis dapat diambil kesimpulan bahwa hasil percobaan menunjukkan hasil pembacaan dari *flow sensor* bersifat statik.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmel. Mikrokontroler ATmega 16. www.datasheetcatalog.com.
- Citra Dita M.S Studi Peningkatan Kapasitas Pengolahan di Instalasi PDAM Ngagel 1 Surabaya.
- Ismailia Nur Amin. Identifikasi Alternatif Pengadaan Bahan Baku di Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kabupaten Boyolali (Studi Kasus: PDAM Pusat Boyolali).
- Iman, Marifatul. (2006) *Rancang Bangun Sistem Otomatisasi Pintu Garasi Berbasis Mikrokontroler dengan SMS Pengontrolan Pintu Otomatis Menggunakan ATmega 8535*. Teknik Telekomunikasi PENS - ITS.
- Khang, Bustam, Ir. (2003) *Trik Pemrograman Aplikasi berbasis SMS*. Elex Media Komputindo. Jakarta.

EKSPERIMENTAL ANALISIS DAYA DAN TORSI PADA MOTOR INDUKSI

Tito Yuwono¹, Suyamto²

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
Jalan Kaliurang Km. 14 Yogyakarta

²Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan, Badan Tenaga Nuklir Nasional
Jl. Babarsari Kotak Pos 6101 YKBB Yogyakarta
Email: tito@fti.uii.ac.id¹, suyamto@sttn-batan.ac.id²

ABSTRACT

Calculation and Analysis of power and torque of an induction motor is very important. In the design field of load movement using electric motor as prime-mover always needs the computation of power and torque at the motor shaft. It is necessary to be done in order to avoid failure during operation of the system. Inside electric motor works many electrical and mechanical power, therefore it is not easy to be determined. To investigate these powers must be carried out three kind of tests employed to the electric motor i.e. : no load, loaded and blocked rotor tests. From the data of tests result can be determined all power working on the motor and its torque on it shaft. The experiment was employed to the 3 phase induction motor, 0,1 kW, Δ -connection-380 V, 0,35 mA, 50 Hz, 2800 rpm and Magnetic Powder Brake UAF-5W as a mechanical load simulator which is coupled to the motor shaft. From the analysis it is known that for 300 mA or 85,7 % of full load condition, the consumption of motor input power is 169,8 watt. While no load power losses is 77,9 watt, copper stator losses 22,77 watt, copper rotor losses 1,72 watt. Net power output is same with the gross power of 67, 4 watt, which is correspond to torque and speed of 0,23 N-m and 2790 rpm respectively. From the experiment also known that for small power motor as uses in the laboratory, its circle diagram is very difficult to be performed because no load power losses is very large, the output power too small and its speed is too large.

Key words : Induction motor, power, torque, circle diagram

1. PENDAHULUAN

Di bidang industri banyak dipakai motor listrik jenis induksi sangkar tupai (*Squirrel Cage Induction Motor*) sebagai penggerak mula (*prime-mover*) karena mempunyai banyak kelebihan dan keuntungan. Kelebihannya dibanding dengan motor yang lain, antara lain adalah mempunyai torsi *start* yang besar, konstruksinya sederhana dan mudah dalam pengoperasiannya. Kekurangannya adalah pada saat *start* diperlukan arus yang besar 3 sampai 5 kali dari arus nominal serta putaran dan torsiya relatif konstan atau sulit diatur. Untuk keperluan penyesuaian antara sistem penggerak dan beban yang akan digerakkan harus diketahui besarnya torsi pada sumbu

motor yang dipakai untuk menggerakkan beban tersebut. Seperti diketahui bahwa daya atau energi yang terdapat pada sumbu motor berupa daya mekanis yaitu berupa torsi dan putaran. Jadi besarnya torsi motor listrik tergantung dari besarnya daya keluar dari motor tersebut. Oleh sebab itu untuk menghitung besarnya torsi pada poros motor yang akan dipakai untuk mengangkat beban harus diketahui lebih dulu besarnya daya keluaran dari motor. Jadi daya keluaran dari motor yang bersifat elektrik tersebut diubah menjadi daya mekanis berupa torsi dan putaran pada poros dan selanjutnya dipakai untuk memutar beban. Dengan demikian dalam bidang perencanaan yang akan menggunakan motor listrik perlu diketahui hal-hal tersebut dengan jalan melakukan

penelitian mengenai daya - daya yang bekerja pada motor induksi.

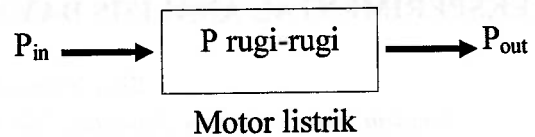
Penelitian dan penulisan makalah ini bertujuan untuk mengetahui korelasi antara daya sistem penggerak dari jenis motor induksi dengan beban yang akan digerakkan dimana hal tersebut adalah merupakan hal yang sangat penting di dalam perencanaan sistem pergerakan menggunakan mesin listrik. Disamping itu juga diharapkan dapat menunjang penajaman pembelajaran motor induksi pada materi kuliah Teknik Tenaga Listrik dan Perancangan Mesin Listrik Industri.

2. DASAR TEORI

Motor induksi sebagai penggerak mula (*prime mover*) mempunyai banyak kelebihan dibandingkan dengan motor jenis lain khususnya bila dibandingkan dengan motor DC. Sehingga dalam sistem pergerakan beban dengan mesin - mesin listrik yang berdaya besar banyak digunakan motor listrik jenis motor induksi sangkar tupai sebagai penggerak utama.

Ditinjau dari rotornya motor induksi dibagi 2 (dua) yaitu motor induksi sangkar tupai (*squirrel cage induction motor*) dan motor induksi rotor lilit (*wound rotor induction motor*). Motor induksi sangkar tupai mempunyai kecepatan putar dan torsi yang hampir konstan atau sulit diatur, sedangkan motor induksi rotor lilit mempunyai kecepatan putar dan torsi yang dapat diatur (*adjustable*). Sebetulnya dengan motor induksi rotor lilit, kelemahan motor induksi sangkar tupai dapat diperbaiki, tetapi karena konstruksi motor induksi rotor lilit tidak sederhana maka pengoperasiannya cukup sulit, perlu peralatan tambahan dan harganya lebih mahal bila dibandingkan dengan motor induksi sangkar tupai.

Karena daya masuk ke motor bersifat elektrik maka setelah dikurangi dengan seluruh rugi daya yang ada di dalam motor, keluarannya juga akan bersifat elektrik, lihat Gambar 1.



Gambar 1. Tiga Macam Daya pada Motor Listrik.

Apabila diketahui besarnya daya keluar maka akan dapat dihitung besarnya torsi pada poros motor dengan korelasi seperti yang ditunjukkan pada Rumus .

$$P = \frac{T \times n}{9,55} \dots\dots\dots(1)$$

dimana P : daya keluar (*watt*)

T : torsi (N-m)

N : putaran (rpm) pada poros motor

Dari Gambar 1 terlihat bahwa untuk menghitung besarnya daya keluar motor perlu diketahui terlebih dulu besarnya seluruh rugi daya yang ada di dalam motor. Terdapat banyak rugi - rugi daya yang ada pada motor induksi yaitu meliputi rugi inti stator, rugi lilitan stator, rugi inti rotor , rugi lilitan rotor, rugi *fluks* bocor, rugi gesek dan rugi angin. Jadi untuk menghitung daya keluaran motor harus diketahui seluruh rugi daya yang ada.

Daya masuk ke motor bersifat elektrik dapat diketahui secara mudah dengan melakukan pengukuran secara langsung. Namun rugi - rugi daya misalnya rugi daya lilitan baik stator maupun rotor sulit untuk diketahui melalui pengukuran. Demikian juga dengan rugi daya yang bersifat mekanik seperti rugi gesek dan angin serta daya keluaran yang bersifat mekanik pada poros motor sulit untuk diketahui melalui pengukuran. Untuk itu perlu dicari cara lain untuk menghitung besarnya daya - daya tersebut khususnya bila ingin diketahui besarnya daya mekanik keluar dari motor yang terdapat pada poros motor. Salah satu cara yang banyak digunakan adalah dengan menggunakan teori diagram lingkaran motor induksi. Dari teori tersebut dapat diketahui

besarnya seluruh daya yang bekerja pada motor induksi, baik secara langsung dengan perhitungan maupun secara tidak langsung dengan menggunakan diagram lingkaran yang telah dibuat. Disamping itu untuk mengetahui rumusan seluruh daya yang bekerja di dalam motor induksi juga dapat dilihat dari rangkaian ekivalennya dimana rangkaian ekuivalen motor induksi mirip dengan rangkaian ekuivalen dari transformator. Perbedaannya adalah terletak pada sisi sekunder pada trafo dan sisi rotor pada motor. Pada transformator, keluarannya berupa besaran listrik dan tidak ada gerakan sehingga rangkaian ekuivalen trafo pada sisi sekundernya terhubung buka. Sedangkan pada motor listrik keluarannya berupa gerakan yang timbul sebagai akibat adanya interaksi antara rapat fluks magnet (B) dan arus yang mengalir pada rotor (I_r) sehingga rangkaian sisi rotornya harus dalam keadaan tertutup, lihat Gambar 2.

- X_1 : Reaktansi stator
- R_c : Tahanan ekuivalen inti besi
- X_m : reaktansi ekuivalen inti besi
- I_o : Arus tanpa beban
- R_2 : Tahanan lilitan rotor
- X_2 : Reaktansi lilitan rotor
- I_2 : Arus pada lilitan rotor

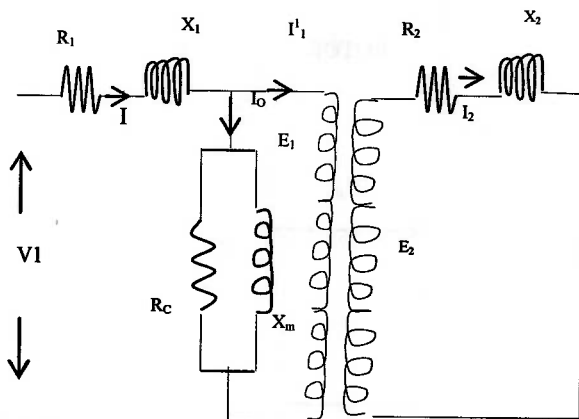
Terlihat pada Gambar 2 bahwa bila motor berputar dengan beban sehingga mengakibatkan terjadinya slip sebesar "s", belum dapat diekspresikan pada rangkaian ekuivalen tersebut. Untuk menyatakan keadaan tersebut dilakukan perubahan terhadap rangkaian ekuivalen rotor seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3a dan 3b.

Pada saat motor dibebani putarannya akan berubah sehingga slipnya juga berubah dan menurut Rumus 2 besarnya slip tersebut adalah :

$$s = \frac{n_s - n_m}{n_s} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

- n_m : kecepatan putar motor (rpm)
- $n_s = (60xf_1)/p$: kecepatan putar medan sinkron (rpm)
- s : slip
- f_1 : frekuensi sumber (Hz)
- p : jumlah pasang kutub



Gambar 2. Rangkaian Ekuivalen Motor Listrik Saat Diam Tak Berputar

Keterangan

- V_1 : Tegangan sumber ke stator
- I_1 : Arus masuk ke stator
- R_1 : Tahanan stator
- E_1 : GGL pada stator
- I_1^1 : Ekuivalen arus rotor pada stator
- E_2 : GGL rotor

Dalam keadaan tersebut frekuensi arus rotor $f_2 = sf_1$ sehingga besar ggl rotor dan reaktansi rotor sebagai fungsi frekuensi masing-masing berubah menjadi sE_2 dan sX_2 . Dengan demikian maka rangkaian rotor pada saat motor berputar dan dibebani dengan slip "s" adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3a, dan untuk mengekspresikan besarnya beban dilakukan penjabaran sebagai berikut:

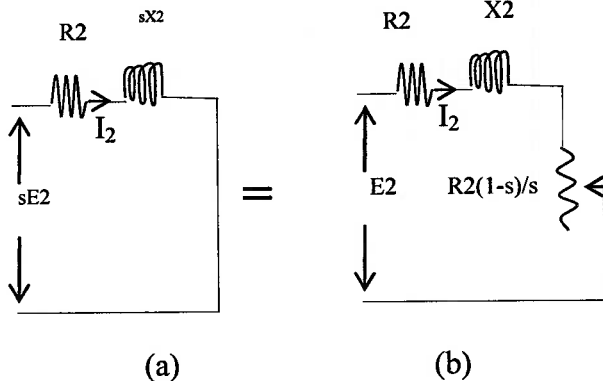
$$sE_2 = I_2 (R_2 + jsX_2)$$

$$E_2 = I_2 (R_2/s + jX_2) = I_2 (R_2/s - R_2 + R_2 + jX_2)$$

$$= I_2 \{ (R_2/s - R_2) + (R_2 + jX_2) \}$$

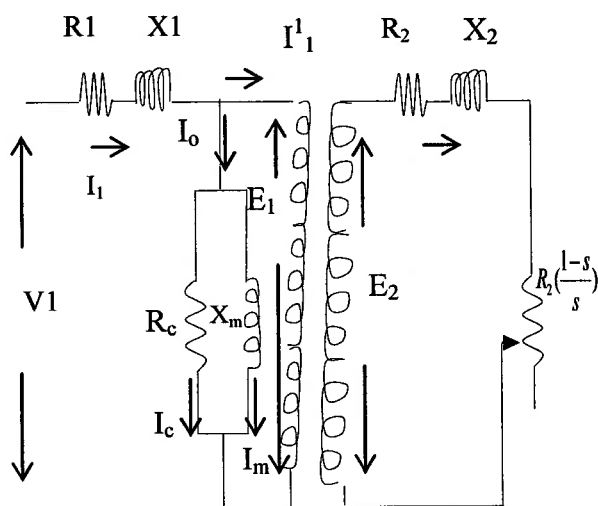
$$= I_2 \left[R_2 + jX_2 + R_2 \left(\frac{1-s}{s} \right) \right] \dots\dots\dots(3)$$

dimana besaran $R_2 \left(\frac{1-s}{s} \right)$ merupakan ekspresi beban mekanik pada rotor, lihat Gambar 3b.



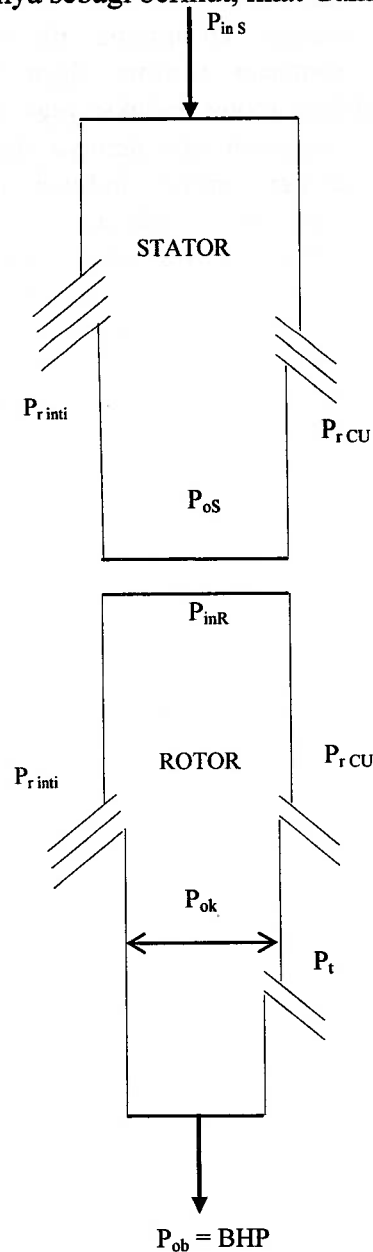
Gambar 3. Rangkaian Ekivalen Rotor

Sehingga rangkaian ekvalen motor listrik saat berputar dengan slip s adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian Ekivalen Motor Saat Berbeban dengan Slip "S"

Dengan memperhatikan Gambar 4 dapat dibuat blok diagram seluruh daya nyata (watt) yang bekerja pada motor beserta rumusnya sebagai berikut, lihat Gambar 5.



Gambar 5. Blok Diagram Daya-Daya yang Bekerja pada Motor

Untuk sisi stator :

1. $P_{in s} = V_1 I_1 \cos \phi_1$: daya masuk ke motor melalui stat
2. $P_{r \text{ inti}} = V_1 I_0 \cos \phi_0$: Rugi daya inti stator

3. $P_{rCU} = I_1^2 R_1$: Rugi daya lilitan stator
4. $P_{oS} = P_{inS} - P_{rinti} - P_{rCU} = V_1 I_1 \cos \phi_1 - V_1 I_o \cos \phi_o - I_1^2 R_1$ (daya keluar stator)

Untuk sisi rotor

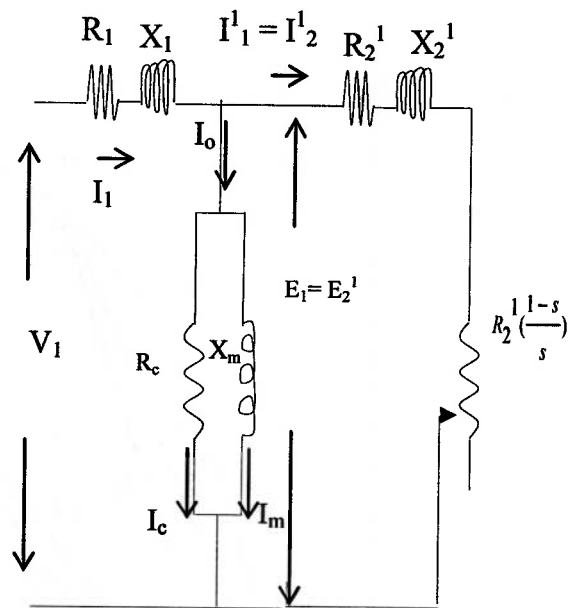
5. $P_{inr} = P_{oS}$, (dengan asumsi rugi bocor fluks magnet dari stator ke rotor diabaikan)
6. P_{rinti} rotor kecil dan diabaikan
7. $P_{rCU} = I_2^2 R_2$: Rugi daya lilitan rotor
8. $P_{ok} =$ Daya keluar kotor dari motor
9. $P_t =$ Rugi daya tambahan (disebabkan oleh angin gesek dan fluks bocor)

Dari persamaan - persamaan 4 di atas, daya keluar motor kotor dapat dihitung secara cepat bila diketahui daya keluar dari stator atau daya masuk ke rotor dengan rumus sebagai berikut, lihat rangkaian rotor pada Gambar 4.

$$P_{inr} : P_{rCU} : P_{ok} = I_2^2 R_2 / s : I_2^2 R_2 : I_2^2 R_2 (1-s) / s = 1/s : 1 : (1-s) = 1 : s : (1-s) \dots (4)$$

Rumus di atas Jadi bila s dan salah satu dari ketiga daya tersebut diketahui maka daya yang lain dapat dihitung dengan cepat.

Perhitungan yang dilakukan dengan cara di atas belum dapat dipakai untuk menghitung daya - daya mekanis secara langsung sehingga seri dipakai metode diagram lingkaran motor induksi. Untuk keperluan tersebut, rangkaian ekuivalen motor pada Gambar 4 kemudian diubah dengan memindahkan rangkaian rotor ke sisi stator seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian Ekuivalen Motor Saat Berbeban dengan Slip "S" Rotor di Pindah Ke Stator

Arus tanpa beban I_o pada umumnya kecil dibandingkan dengan arus beban penuh dari motor terutama untuk yang berdaya besar sehingga dapat diabaikan terhadap arus masuk I_1 . Dengan demikian dari Gambar 5, $I_1 = I_2' = I_2'$ dan

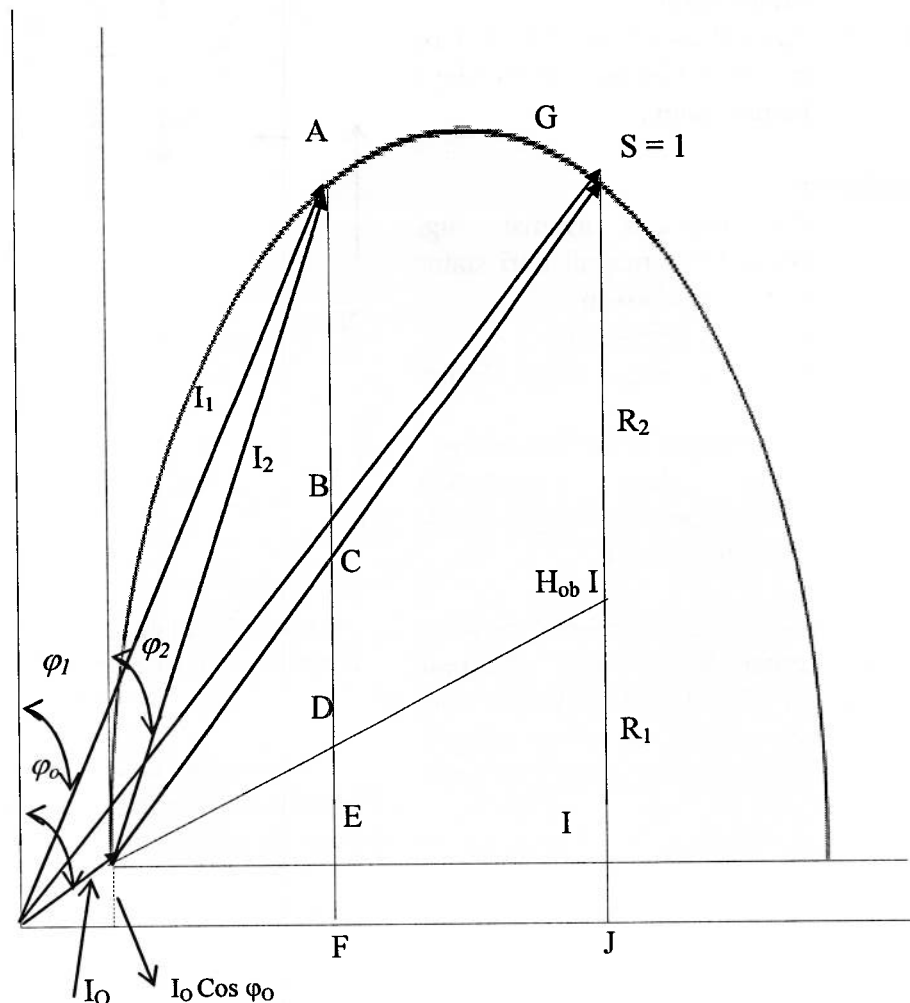
$$Z_t = (R_1 + R_2' + R_2' (1-s)/s) + j(X_1 + X_2') = (R_1 + R_2' / s) + j(X_1 + X_2')$$

Karena $\sin \phi = \frac{\text{reaktanansi}}{\text{impedansi}} = \frac{X}{Z}$

maka

$$I_1 = \frac{V_1}{|Z_t|} = \frac{V_1}{\sqrt{(R_1 + R_2' / s)^2 + (X_1 + X_2')^2}} = \frac{V_1}{X_1 + X_2'} \sin \phi$$

Rumus 5 di atas merupakan persamaan polar I_1 dengan garis tengah $V_1 / (X_1 + X_2')$ dan sudut ϕ , Jadi dalam diagram lingkaran tersebut merupakan tempat kedudukan dari I_1 , lihat Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Lingkaran Motor Sebagai Tempat Kedudukan Arus I_1 dan I_2

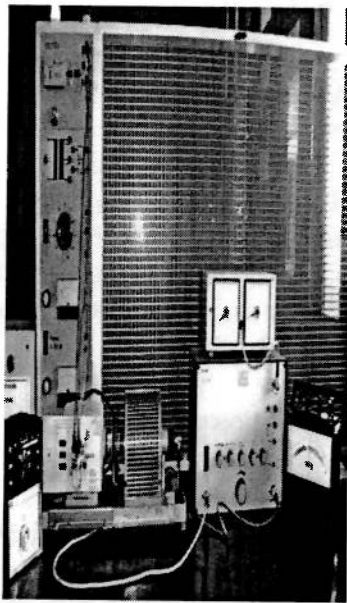
Dengan menggunakan diagram lingkaran motor pada Gambar 6, dapat diketahui besarnya seluruh daya nyata yang bekerja pada motor listrik, termasuk daya mekanik yaitu : daya masuk ke motor P_{inS} panjang garis AF, daya keluar motor (P_{ok}) garis AC, rugi daya tambahan (P_t) garis BC, daya keluar motor bersih (P_{ob}) garis AB, rugi daya lilitan rotor garis CD, rugi daya lilitan rotor garis DE dan rugi daya tanpa beban garis EF; Bila panjang tiap garis tersebut dikalikan dengan tegangan sumber V_1 , akan diperoleh besarnya masing-masing daya dalam watt. Dari Gambar 6 terlihat

bahwa daya masuk ke motor merupakan jumlahan dari seluruh daya yang lain. Disamping itu besarnya tahanan lilitan rotor juga dapat dicari dari kondisi saat rotor ditahan.

3. PERCOBAAN

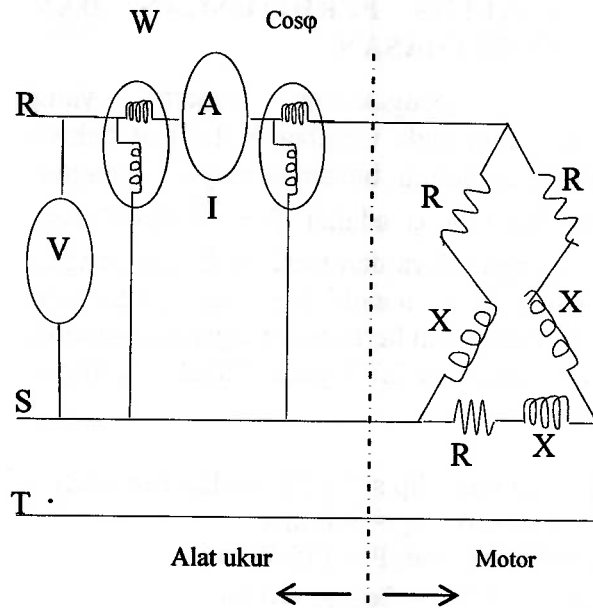
Pembuatan diagram lingkaran motor induksi maupun perhitungan untuk mengetahui seluruh daya pada motor dapat dilakukan setelah dilakukan 3 macam percobaan yaitu percobaan tanpa beban, berbeban dan rotor ditahan. Dalam hal ini dilakukan percobaan di Laboratorium Listrik

Arus Kuat (LAK) STTN – BATAN menggunakan motor induksi ELWE, 3 fasa 0,1 kW, terhubung Δ , 380 V, 0,35 mA, 50 Hz, 2800 rpm. Sedangkan untuk beban mekanik dipasang *Magnetic Powder Brake* UAF-5W yang dikopel dengan motor listrik menggunakan kopling magnet seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Peralatan yang di Pakai

Untuk mendapatkan tegangan, arus, daya dan $\text{Cos } \varphi$, semua pengukuran dilakukan pada sisi stator seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8 sedangkan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 1



Gambar 8. Rangkaian Pengukuran V, I, W dan $\text{Cos } \varphi$

Tabel 1. Hasil Percobaan Untuk NLT, LT dan BRT

	M- Δ			Cos φ	rpm
	V	I	P		
	(volt)	(mA)	(watt)		
NLT	380	160	100	0,74	2990
LT1	380	170	105	0,7	2958
LT2	380	200	125	0,7	2880
LT3	380	300	155	0,86	2790
BRT	100	160	31	0,80	0
$R_1(\Omega)$	253 (diukur langsung)				
$R_2(\Omega)$	(dari perhitungan)				

Keterangan

- M- Δ : Motor terhubung delta
- NLT : *No Load Test* (Test tanpa beban)
- LT1 : *Load Test 1* (test berbeban 1)
- LT2 : *Load Test 2* (test berbeban 2)
- LT3 : *Load Test 3* (Test berbeban 3)
- BRT : Test rotor ditahan (*Blocked*)
- $R_1(\Omega)$: Tahanan lilitan stator
- $R_2(\Omega)$: Reaktansi lilitan rotor

4. ANALISIS PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

Dari pengukuran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8, terlihat bahwa hubungan antara besarnya daya, tegangan, arus dan $\cos \phi$ adalah $P = \sqrt{3} V_x I_x \cos \phi$. Perhitungan daya dan torsi dilakukan dengan terlebih dulu menghitung daya pada saat tanpa beban dan berbeban dengan mengambil data percobaan LT3 pada Tabel 1 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} V_1 &= 380 \text{ volt} \quad \text{Slip } s = 2,25 \% \text{ (dari rumus 2)} \\ I_o &= 160 \text{ mA} \quad I_1 = 300 \text{ mA} \\ P_o &= 100/98 \text{ Watt} \quad P = 155 \text{ Watt} \\ \cos \phi_o &= 0,74 = \cos \phi_1 = 0,86 \end{aligned}$$

Maka dengan menggunakan rumus-rumus daya pada persamaan 4 (empat) dapat dihitung :

1. Daya masuk pada motor

$$\begin{aligned} P_{in} &= \sqrt{3} V_x I_x \cos \phi \\ &= \sqrt{3} \times 380 \times 300 (10^{-3}) \times 0,86 \\ &= 169,8 \text{ watt} \end{aligned}$$

2. Rugi daya inti pada saat tanpa beban

$$\begin{aligned} P_o &= \sqrt{3} V_x I_x \cos \phi \\ &= \sqrt{3} \times 380 \times 160 (10^{-3}) \times 0,74 \\ &= 77,9 \text{ watt} \end{aligned}$$

3. Rugi daya lilitan stator

$$\begin{aligned} P_{rcu} &= I^2 R = (300 \times 10^{-3})^2 \times 253 \\ &= 22,77 \text{ watt} \end{aligned}$$

4. Daya keluar stator =
Daya masuk - Rugi daya stator total

$$\begin{aligned} P_{os} &= 169,8 - 77,9 - 22,77 \\ &= 69,31 \text{ watt} \end{aligned}$$

5. Rugi daya lilitan rotor, dicari dengan menggunakan rumus 5.

$$\begin{aligned} P_{inR} : P_{rcu} : P_{ok} &= I_2^2 R_2 / s : I_2^2 R_2 : I_2^2 R_2 \left(\frac{1-s}{s} \right) \\ &= 1/s : 1 : \left(\frac{1-s}{s} \right) = 1 : s : (1-s) \end{aligned}$$

$$P_{rcu} = s x P_{inR}$$

Dimana besarnya slip "s" dicari dengan menggunakan rumus 2 : $s = (n_s - n_m) / n_s = (2800 - 2790) / 2800 = 0,025$ atau 2,5 %. Sedangkan besarnya P_{inR} sama dengan P_{os} , dengan asumsi bahwa rugi fluks bocor pada celah udara antara inti stator dan inti rotor diabaikan. Sehingga $P_{rcu} = 0,025 \times 69,13 = 1,72 \text{ watt}$

6. Daya keluar motor kotor (menggunakan rumus 5)

$$P_{ok} = (1-s) x P_{inR} = (1-0,025) x 69,13 = 67,4 \text{ watt}$$

7. Daya keluar motor bersih atau BHP Dari Gambar 5 : Blok diagram daya - daya yang bekerja pada motor, dapat dilihat bahwa daya keluar bersih sama dengan daya keluar kotor dikurangi dengan rugi daya tambahan $P_{oB} = P_{ok} - P_t$ yang ditimbulkan oleh gesek dan angin. Dalam hal ini P_t sama dengan nol karena motornya sangat kecil sehingga tidak memerlukan pendinginan dengan kipas. Jadi daya keluar bersih $P_{oB} = P_{ok} = 67,4 \text{ watt}$

8. Torsi motor pada poros
Dengan menggunakan rumus 1 dapat dihitung torsi motor sebagai berikut.

$$P = \frac{T x n}{9,55} \text{ atau}$$

$$T = \frac{9,55 P}{n} = \frac{9,55 \times 67,4}{2790} = 0,23 \text{ N-m}$$

Terlihat bahwa daya dan torsi yang dihasilkan kecil karena motornya kecil yaitu 100 watt, sedangkan rugi daya inti statornya yang bersifat tetap sangat besar yaitu 100 watt. Hal ini wajar karena motor yang digunakan adalah motor skala laboratorium dimana yang dipentingkan adalah putarannya sehingga proses induksi dan magnetisasi yang direpresantasikan oleh rugi inti lebih dominan, lihat gambar rangkaian ekuivalen motor pada Gambar 2.

9. Pada saat rotor ditahan keluaran motor sama dengan nol sehingga daya masuk = rugi daya inti stator dan rugi daya lilitan (stator + rotor) atau $P_{in} = P_{inti} + P_{rCU}$.

Dan besarnya R_2 adalah :

a. P_{inS} pada saat tegangannya 380 volt = $(380 / 100)^2 \times 31 = 447,64 \text{ W}$

b. $P_{rCU} = P_{in} - P_{inti} = 447,64 - 100 = 347,64 \text{ watt}$

c. $(R_1 + R_2) = V^2 / P = 380^2 / 347,64 = 415,37 \Omega$

d. $R_2 = 415,37 - 253 = 162,37 \Omega$

Dari pembahasan yang telah dijelaskan diketahui bahwa dengan melakukan tiga macam percobaan yaitu tanpa beban, berbeban dan rotor ditahan dapat dihitung seluruh besaran yang ada di dalam motor kecuali rugi daya lilitan rotor, rugi daya tambahan yang diakibatkan oleh fluks bocor, gesekan lager dan pendingin kipas angin. Untuk mengetahui ketiga macam daya tersebut termasuk daya mekanik yang lain, hanya dapat diketahui dan dihitung melalui pembuatan diagram lingkaran motor induksi. Pembuatan diagram lingkaran tersebut hanya dapat dilakukan dengan baik bila motor yang dipakai berdaya besar sehingga daya maupun torsinya juga besar. Hal ini dapat dimengerti dan dipahami bahwa untuk membuat diagram lingkaran motor induksi diperlukan data hasil percobaan yang akurat dan berharga besar.

Hal ini hanya dapat dipenuhi apabila dalam percobaan dipakai alat ukur digital dan pengukurannya dilakukan secara berulang-ulang.

5. KESIMPULAN

Dari percobaan dan perhitungan yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Untuk motor induksi 3 phase, 0,1kW , 350 mA, yang dibebani sebesar 300 mA atau 85,7 % dari beban penuh diperlukan daya masuk ke motor 169,8 watt rugi daya total 102,4 watt dan besarnya daya keluar motor bersih sebesar 67,4 watt. Sedangkan besarnya torsi pada poros adalah 0,243 N-m dengan putaran 2790 rpm.
2. Untuk motor listrik dengan daya kecil seperti yang dipakai di laboratorium, perhitungan daya mekanis yang biasanya dilakukan dengan metode diagram lingkaran sulit dilakukan karena rugi daya tanpa bebannya besar, sedangkan daya keluarannya kecil dengan putaran yang besar.

DAFTAR PUSTAKA

- A.E. Fitzgerald, Djoko Achyanto. (1992) *Mesin - Mesin Listrik*. Erlangga, Edisi ke - Empat, Jakarta.
- A.E. Fitzgerald, Pantur Silaban. (1984) *Dasar - Dasar Elektro Teknik*. Erlangga, Edisi ke - Lima, Jakarta.
- Budi Astuti. *Teknik Tenaga Listrik Bab III, Mesin Dinamik Elementer*.
- Curtis D. Johnson. (1996) *Handbook of Electrical and Elektronis Technology*. Prentice Hall. Englewood Cliffs. New Jersey. Columbus. Ohio.
- Drs. Sumanto, M.A. (1993) *Motor Listrik Arus Bolak - Balik*. Andi Offset Yogyakarta. Edisi Pertama.

Experiment File. *Einstruments And Systems for Training In The Professional Field Electrical Engineenering*. Copyright by ELWE, Kurt Franz KG- West Germany, Hindenburgstrase. 16 , 3302 Cremlingen 3, All Rights Reversed For The Publihsher.

M.L.Soni – A. Subba Rao. *Electrical Technology*, Dhanpat Rai & Sons.

Muslimin Marappung. (1979) *Teori Soal dan Penyelesaian Teknik Tenaga Listrik*. Cetakkan Pertama. Juni 1979 Copyright By Armico Bandung.

Robert L. Boylestad. (1997) *Introductory Circuit Analysis, 9th Edition (International Edition)*. Prentice Hall International, Inc.

Zuhal. (1986) *Dasar Tenaga Listrik*. Penerbit ITS. Bandung. Edisi ke - Dua.

PEMINTALAN SERAT BULU DOMBA UNTUK SENI KRIYA YANG BERNILAI EKONOMIS

Tuasikal M. Amin

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km. 14.5, Sleman, Yogyakarta

ABSTRACT

The aim of this research is for investigated of local coat (java marino) especially characteristic of coat fibers, because java marino can be used as material for textile craft with highly arts. To finding the characteristic of fiber, carbonizing process and degumming has be done with H_2SO_4 and H_2O_2 with defferent vaiable. The result of this research is fiber fineness 22.500 micronair and average length of fiber 80 mm and tenacity 1.397 gram/denier with average elongation between 11% - 18%. For economics analysis can be compared between galacy fabric (86.73%), Atlantic fabric (83.25%) and Marino (84.36%) more expensive, eventually, the conclusions fabric from local coat (java marino) economicly has good prospect for textile crafts.

Keywords : thin tail sheep, fiber fleece, craft art, degaming, merino.

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan bulu domba sebagai bahan baku alternatif tekstil dan produk tekstil belum tersentuh, dibanding dengan kulit kambing yang begitu dicari oleh pengusaha sepatu dan tas. Dari hasil survei yang dilakukan oleh penulis di tempat-tempat pemotongan kambing dan pabrik pengolahan kulit, bulu domba terbuang begitu saja tanpa ada usaha untuk mengolahnya menjadi bahan yang dapat meningkatkan ekonomi peternak domba. Kulit domba diolah dengan cara pemberian bahan kimia pada kulit menyebabkan bulu domba menjadi rapuh / hancur, akhirnya terbuang dengan sia - sia. Di- Indramayu di perkirakan menghasilkan bulu domba 60 ton per tahun dan terbuang atau dijadikan pupuk di ladang. (Agusramdas.multiply.com.2004).

Populasi domba di pulau Jawa seperti data Dirjen Peternakan Departemen Pertanian tahun 2002 sekitar 6.726.781 ekor. Domba yang dipelihara oleh peternak tersebut cukup diambil bulunya saja dengan jalan dicukur. Melihat potensi serat bulu

domba yang cukup besar tersebut maka perlu diteliti sifat fisik dan mekanik apakah memenuhi syarat pintal untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku alternatif tekstil dan produk tekstil. Penelitian tentang serat bulu kambing gembel ini akan dilakukan sesuai standar SII dan ASTM-2008 sehingga hasil yang didapat akan sesuai dengan standar internasional dan standar industri Indonesia.

Bulu domba dapat dipintal menjadi benang dan diproses lebih lanjut sampai menghasilkan produk bernilai ekonomis. (Duldjaman, dkk. 2005). Berdasarkan data yang dibuat (Mulyono, 2004). di Indonesia terdapatbeberapa jenis domba sebagai berikut:

1. Domba ekor tipis (DET) atau domba jawa (Gambar 1.2), populasi sekitar 70%
2. Domba ekor tipis (DET) garut
3. Domba ekor gemuk (DEG).
4. Domba marino peranakan dan domba priangan.

Bulu domba peranakan marino dan domba priangan sudah ada penelitian terdahulu tentang daya pintal dan kekuatan benangnya. (Duldjaman dkk., 2005). Bulu

domba marino memiliki panjang 10 cm, tinggi badannya 70 cm – 80 cm untuk jantan dan 50 cm – 60 cm untuk domba betina.

Domba ekor tipis (DET) sering disebut sebagai domba jawa / lokal. Domba ekor tipis banyak ditemukan di Jawa dan Sumatera. Domba ekor tipis jantan bertanduk relatif kecil, sedangkan betina tidak bertanduk. Pertumbuhan domba ekor pendek agak lambat, berat badannya 30 kg – 50 kg untuk domba jantan dan 15 kg – 35 kg untuk domba betina pada umur relatif tua (pada usia 1 tahun – 2 tahun). Ukuran tubuhnya yang kecil menolong domba ekor tipis untuk beradaptasi dengan lingkungannya yang kurang baik. (Sutama dan Budiarsana, 2010).

Dari beberapa jenis domba tersebut di atas, bulu domba jawa atau juga disebut domba lokal yang dijadikan bahan penelitian.

2. RUMUSAN MASALAH

Bulu domba tidak dimanfaatkan dan terbuang begitu saja tanpa ada usaha untuk diolah lebih lanjut menjadi bahan baku tekstil dan produk tekstil yang bernilai ekonomis. Serat bulu domba umumnya belum bisa langsung dijadikan produk yang bernilai ekonomis sebelum diproses *degaming*, untuk itu dalam penelitian ini dapat dirumuskan, bahwa pengaruh penggunaan hidrogen peroksida (H_2O_2) sebagai zat pelarut *non - fibrous* untuk proses *degaming* terhadap karakteristik serat bulu domba, yang digunakan untuk bahan seni kriya.

3. TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan serat bulu domba sebagai bahan baku seni kriya sebagai berikut :

- a. Mengetahui karakteristik serat bulu domba lokal dibandingkan dengan membandingkan domba marino (Duldjaman, 2006).
- b. Mengetahui daya pital serat bulu domba lokal yang dibandingkan dengan bulu domba marino (Duldjaman, 2006).

- c. Menganalisis nilai ekonomis seni kriya dari hasil pemintalan serat bulu domba.

4. MANFAAT PENELITIAN

Manfaat dari penelitian ini antara lain :

- a. Memperoleh data karakteristik serat bulu domba sebagai bahan baku seni kriya.
- b. Memanfaatkan limbah serat bulu domba yang belum termanfaatkan menjadi produk yang bernilai ekonomis.
- c. Untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya pengolahan serat bulu domba sebagai salah satu referensi untuk pengembangan industri kreatif.

5. TINJAUAN TEORI

Pada umumnya serat bulu domba dikenal dengan istilah wol dan berasal dari beberapa jenis kambing dengan kualitas yang beragam, dalam beberapa literatur kita mengenal kualitas wol, dari wol halus sampai wol kasar dari jenis kambing yang berbeda. Wol halus berasal dari Marino Spanyol, Marino Jerman, Marino Prancis dan Marino Australia, sedangkan wol kasar adalah wol yang berasal dari Asia termasuk Indonesia.

5.1 Komposisi dan Struktur Morfologi Serat

Serat bulu domba selain terdiri dari wol, serat wol masih mengandung zat-zat lain seperti :

- a. Uap air. Bulu kambing mengandung uap air dalam bentuk regain yang jumlahnya bergantung pada kondisi atmosfer tempat kambing berasal.
- b. Lilin. Lilin merupakan zat seperti lemak, tidak larut dalam air dan dikeluarkan oleh kelenjar *sebaceous*.
- c. Keringat. Keringat merupakan zat yang larut dalam air dan dikeluarkan oleh kelenjar keringat.
- d. Kotoran tumbuh - tumbuhan. Pada serat wol terdapat banyak kotoran yang berasal dari biji - bijian, ranting - ranting, daun-daun dan bagian tanaman

yang melekat pada bulu. Pasir, debu yang juga menempel pada bulu domba.

5.2 Struktur Morfologi Serat

Setiap serat wol tidak merupakan struktur yang homogen tetapi terdiri dari kutikula di lapisan luar dan *cortex* di bagian dalam, terutama pada serat kasar, sering terdapat medula di bagian tengah yang berupa ruang kosong. Tiap - tiap bagian yang memusat terbentuk dari lapisan sel yang berbeda yang berasal dari *folikel*. *Cortex* merupakan bagian terbesar dari serat yang terdiri dari sel - sel berbentuk jarum dengan diameter 4 - 5 μ dan panjang 100 μ . Sel - sel tersebut dilekatkan menjadi satu oleh zat antar sel yang dapat dipisahkan dengan mempergunakan enzim dan dapat dihancurkan. Penelitian - penelitian menunjukkan bahwa *cortex* pada wol yang keriting terdiri dari dua bagian yang dapat dibedakan dari daya tolaknya terhadap pencucian, serangan zat - zat kimia dan enzim - enzim. Dua bagian tersebut dikenal sebagai *paracortex* yang lebih tahan dan *ortocortex*. (Fransbaur, 2009)

Struktur bilateral tampak dengan jelas pada serat halus yang keriting, tetapi pada beberapa wol kasar kelihatan distribusi yang tidak teratur di seluruh *cortex*. Karena tidak terdapat perbedaan komposisi kimia antara orto dan para, hanya ada perbedaan antar keduanya karena berbeda struktur dan terlihat jelas pada susunan sistina yang pada sel - sel orto tersusun di dalam satu rantai molekul, sedangkan pada para merupakan ikatan lintang antar rantai molekul, sehingga penggelembungannya lebih kecil. Struktur orto dan para merupakan struktur ekstrim, sedangkan struktur lain yang dikenal sebagai jenis yang tidak seragam (*hetero types*) mempunyai sifat diantara keduanya.

5.3 Sifat - Sifat Fisik Serat Wol (Bulu domba)

Seperti serat tekstil lainnya, serat wol memiliki sifat fisik seperti berikut ini :

Kilau. Wol memiliki kilau yang berbeda-beda dan beragam pada struktur permukaan serat. Kilau wol tidak tampak pada satu helai serat tetapi tampak pada suatu tumpukan / kelompok benang atau kain. Kilau perak terdapat pada wol marino yang sangat halus dan berkeriting. Kilau sutera terdapat pada wol panjang dengan keriting yang lebih panjang seperti wol *lincoln*. Kalau gelas terdapat pada rambut lurus dan halus seperti wol mohair dan jenis kambing lainnya. Sifat fisik serat wol yang lain adalah berat jenis 1,304, Indeks bias 1,553, kekuatan dalam tenacity 1,2 - 1,7 gram / *denier* dan mulur 30% - 40% (kering) sedangkan *tenacity* saat basah 0,8 - 1,4 gram / *denier* dan mulur 50% - 70% (Soepriyono, 1974). Bentuk penampang melintang serat wol berbentuk bulat dan penampang memanjang bersisik. Wol halus 3,75 cm - 5 cm, wol sedang 5 cm - 10 cm dan wol kasar 12 cm - 30 cm. (Fransbaur, 2009).

5.4 Sifat - Sifat Kimia Serat Wol

5.4.1 Asam dan basa

Seperti serat - serat protein lainnya, serat wol bersifat amfoter (dapat bereaksi) dengan asam maupun basa. Adsorpsi asam dan basa akan memutuskan ikatan garam, tetapi dapat kembali lagi. Wol tahan terhadap asam kecuali asam pekat panas yang akan memutuskan ikatan peptida, serat wol mudah larut dalam larutan alkali.

5.4.2 Zat-zat oksidator dan reduktor

Wol peka terhadap zat - zat oksidator dan reduktor. Zat - zat oksidator kuat akan merusak serat wol, karena memutuskan ikatan lintang sistina, begitu pula reduktor. Walaupun demikian serat wol dapat diputihkan dengan hidrogen peroksida (H_2O_2) konsentrasi 4 volume (1,1 %) pada suhu 50⁰ C selama 3 jam.

5.4.3 Zat kimia Hidrogen peroksida (H₂O₂).

Hidrogen peroksida (H₂O₂) umumnya di gunakan sebagai bahan penglantangan serat-serat protein seperti serat sutera dan serat wol. Jumlah pemakaian hidrogen peroksida (H₂O₂) mempengaruhi kerusakan wol. Penurunan terjadi pada kadar *cystine* dan nitrogen dalam wol. (Rasjid Djafri, 1973).

5.5 Benang

Benang adalah sebuah serat yang panjang, di gunakan untuk memproduksi tekstil, penjahitan, rajut, menenun dan pembuatan tambang. Benang dapat dibuat dari banyak serat sintetis atau serat alam. Benang komersial lebih sering dibuat dari serat sintetis atau dari serat sintetis dan alam. ([http:// id.wikipedia.org/wiki/benang](http://id.wikipedia.org/wiki/benang))

6. METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan pedoman pelaksanaan penelitian yang akan mengarahkan semua pelaksanaan penelitian pada kaidah penelitian ilmiah yang benar dan hasilnya dapat dipertanggung jawabkan. Adapun urutan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada desain eksperimen di bawah ini. Alat yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah sebagai berikut :

1. *Spectrofometer UV-Vis*.
2. Alat uji kekuatan serat.
3. Mikroskop.
4. *Mikreonaire*.
5. Gelas ukur.
6. Pengaduk serta kompor listrik.
7. Asam Sulfat, Hidogen Perokdida dan aquades.

Variabel Penelitian antara lain ;

Ratio antara Asam Sulpat (H₂SO₄ – 5%) dan air dengan volt sebagai berikut:

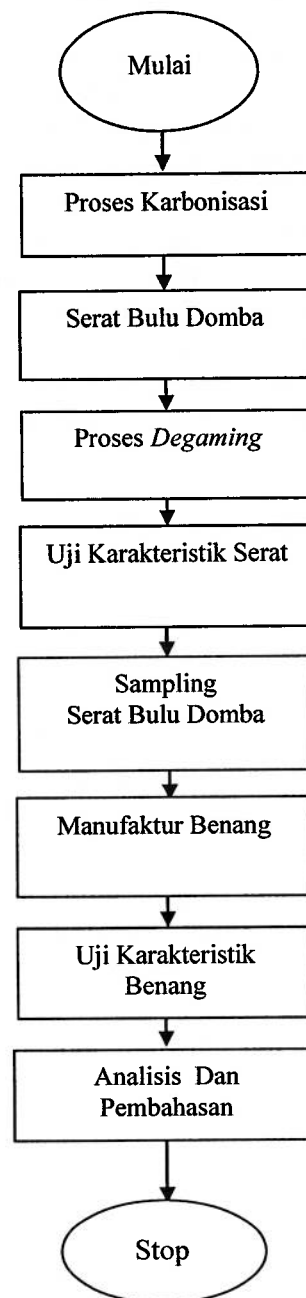
1 : 30 \Rightarrow 1 gram H₂SO₄ – 5%.
30 gram air (H₂O).

1 : 40 \Rightarrow 1 gram H₂SO₄ – 5%.
40 gram air (H₂O).

1 : 50 \Rightarrow 1 gram H₂SO₄ - 5%.
50 gram air (H₂O).

- Ph air 7,5.
- Suhu pemanasan 50 °C.
- Lama pemasakan 3 jam.

Rasio hidrogen peroksida (H₂O₂) dan air sebagai berikut : 1 : 30; 1 : 40 dan 1 : 50.



6.1 Tempat Penelitian

Penelitian tersebut dilakukan Laboratorium Pertekstilan Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

6.2 Pengujian Hasil Penelitian

Dari sekian banyak jenis domba yang ada di Indonesia, domba ekot tipis (DET) yang juga dikenal sebagai domba lokal banyak diternak masyarakat dan menjadi fokus penelitian antara lain :

- Uji panjang serat bulu domba.
- Uji kehalusan serat rambut kambing gembel.
- Foto penampang serat
- Uji kekuatan tarik dan mulur serat
- Uji derajat putih serat
- Uji karakteristik benang dan analisis data

Pada teknik analisis data penulis membandingkan hasil uji rata - rata penelitian dengan standar wol yang ada, panjang serat wol rata - rata 75 mm, diameter 25 μ , perbandingan panjang dan diameter 3000, kekuatan *tenacity* 1,2 - 1,7 gram / *denier* dan mulur 30% - 40%.

(Sumber: http://www.scrbd.com/doc/48549104/diskusi_serat-1.2004)

6.3 Proses karbonising

Menimbang serat bulu domba menggunakan timbangan neraca analitik pada berat yang telah ditentukan kemudian direndam pada larutan asam sulfat (H₂SO₄ - 5%) sesuai plot selama 1 jam, kemudian serat dikeringkan.

6.4 Proses pemutihan

Serat yang telah kering diputihkan dengan menggunakan hidrogen peroksida (H₂O₂) sesuai plot yang telah ditentukan.

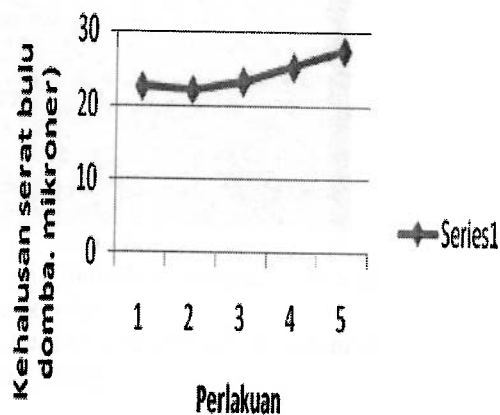
6.5 Hasil uji laboratorium.

Dari hasil uji laboratorium diperoleh data sebagai berikut:

- Kehalusan rata - rata serat bulu domba.

Tabel.1.Kehalusan Rata - Rata Serat Bulu Domba
Kehalusan serat bulu domba

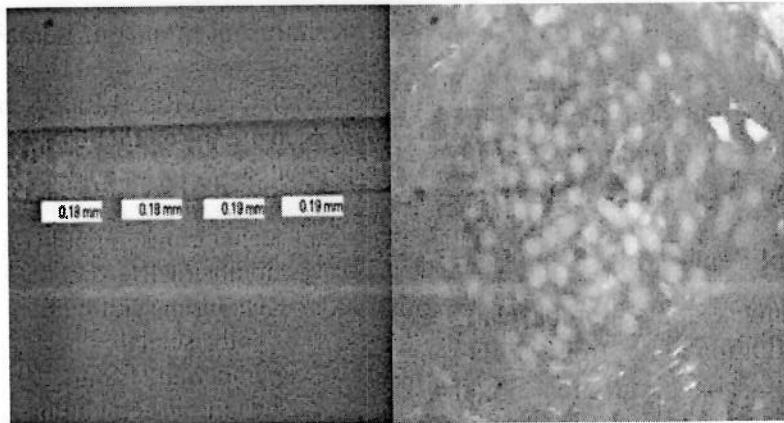
1	a. Kehalusan serat bulu domba (asli)	
	b. Kehalusan serat bulu domba setelah pemberian H ₂ SO ₄	Mikroner
	c. Kehalusan serat bulu domba setelah pemberian H ₂ O ₂	22,533
		23,25
		25,70
	Konsentrasi 1 : 30	27,50
	Konsentrasi 1 : 40	
	Konsentrasi 1 : 50	



Gambar 2. Grafik Kehalusan Serat Bulu Domba Sebelum dan Setelah Karbonising

- Panjang dan berat serat bulu domba. Panjang rata - rata serat bulu domba jawa 7 cm dan berat serat bulu domba 225 gram.
- Foto penampang serat.

Pada gambar berikut di bawah ini ditampilkan bentuk penampang memanjang dan penampang melintang dari serat bulu domba (rambut kambing gembel).

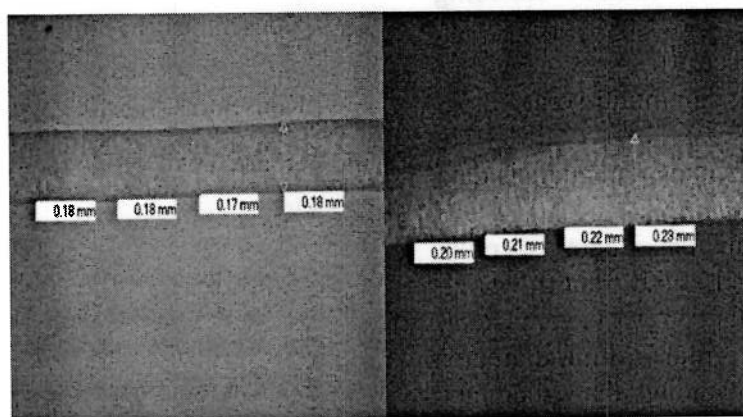


Gambar 3a

Gambar 3b

Gambar 3a Penampang Memanjang Serat Bulu Domba 100 X (Amin, 2012)

Gambar 3b Penampang Melintang Serat Bulu Domba 40 X (Amin, 2012)



Gambar 4a

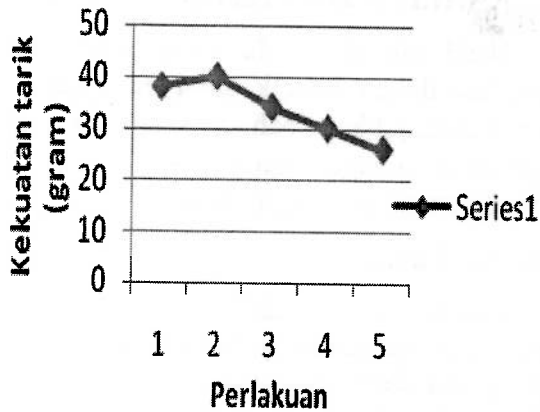
Gambar 4b

Gambar 4a Penampang Memanjang Serat Bulu Domba Setelah Proses H_2SO_4 (100 x) (Amin, 2012)

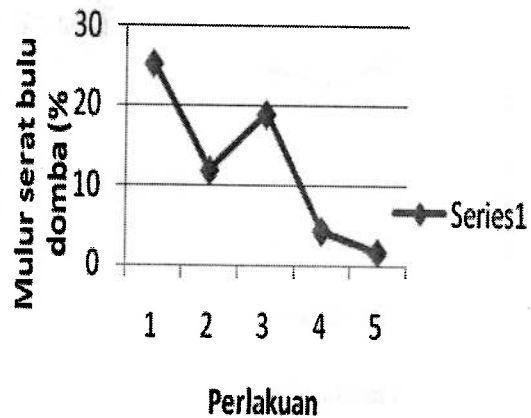
Gambar 4b Penampang Memanjang Serat Bulu Domba Proses H_2O_2 (100 X) (Amin,2012)

Tabel 2. *Tenacity* dan Mulur Rata - Rata Serat Bulu Domba

Perlakuan	<i>Tenacity</i> (gram/denier)	Mulur (%)
1) Serat bulu domba (asli)	38	25,200
2). H_2SO_4	40	11,885
3). H_2O_2 (1 : 30)	34	18,971
4). H_2O_2 (1 : 40)	30	4,342
5). H_2O_2 (1 : 50)	26	1,657



Gambar 5a



Gambar 5b

Gambar 5a. Grafik Kekuatan Tarik Rata - Rata Serat Bulu Domba Lima Jenis Perlakuan

Gambar 5b. Grafik Mulur Serat Bulu Domba Sebelum Dan Setelah Pemberian Zat Kimia

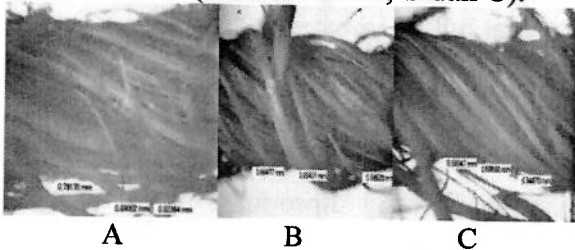
7. BENANG SERAT BULU DOMBA

Data penelitian benang serat bulu domba :

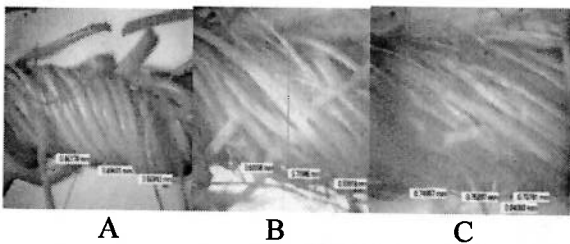
- Pembuatan benang serat bulu domba dengan menggunakan alat pintal (kincir).
- Diameter benang serat bulu domba

Diameter benang serat bulu domba diukur pada satu meter pertama, satu meter di tengah dan satu meter terakhir dari lima meter panjang benang setiap perlakuan.

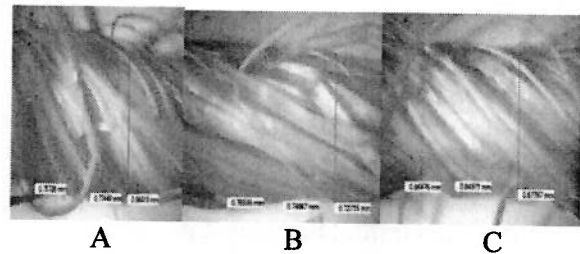
Diameter rata - rata hasil pengukuran = 0,79399 mm (Gambar 6.1.A, B dan C), 0,63752 mm (Gambar 6.2.A, B dan C), 0,716637 mm (Gambar 6.3.A, B dan C).



Gambar 6.1.A, B, C. Diameter Benang Serat Bulu Domba (1:30), 40x



Gambar 6.2.A, B,C. Diameter Benang Serat Bulu Domba (1:40), 40x



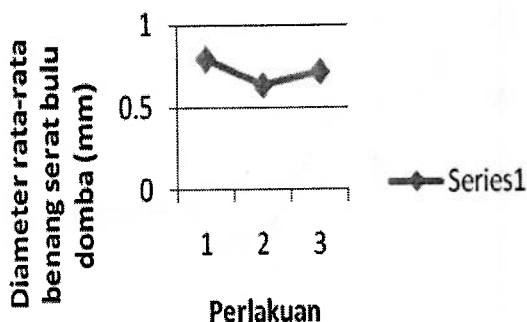
Gambar 6.3.A, B, C. Diameter Benang Serat Bulu Domba (1 : 50), 40x

Tabel 3. Diameter Rata - Rata Benang Serat Bulu Domba Tiga Perlakuan

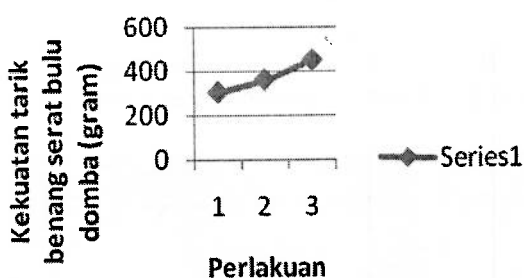
No.	Perlakuan	Diameter rata - rata (mm)
1.	1:30	0,793991111
2.	1:40	0,637517777
3.	1:50	0,716636666

Tabel 4. Kekuatan Tarik Rata - Rata Benang Serat Bulu Domba

No	Perlakuan	Kekuatan tarik rata - rata (gram)
1.	1:30	304
2.	1:40	360
3.	1:50	450



Gambar 7a



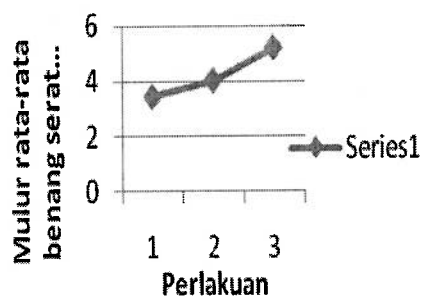
Gambar 7b

Gambar 7a. Grafik Diameter Rata - Rata Benang Serat Bulu Domba (mm)

Gambar 7b. Grafik Kekuatan Tarik Rata-Rata Benang Serat Bulu Domba

Tabel 5. Mulur Rata - Rata Benang Serat Bulu Domba

No.	Perlakuan	Mulur (%)
1.	1:30	3,440
2.	1:40	4,016
3.	1:50	5.184



Gambar 7c

Gambar 7c. Grafik Mulur Rata - Rata Benang Serat Bulu Domba

8. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Hasil uji sifat fisik serat bulu domba disajikan dalam bentuk tabel dan grafik di atas menunjukkan bahwa serat ini dapat digunakan sebagai bahan baku tekstil dan produk tekstil yang ekonomis.

Analisis Ekonomi

Pabrik penyamakan kulit sebagai pengguna / pemanfaatan kulit domba terbesar memperlakukan serat bulu domba sebagai bahan tidak berguna dan dibuang sebagai sampah. Setiap ekor domba berumur satu tahun ke atas menghasilkan kurang lebih 225 gram serat bulu domba dengan panjang benang yang dipintal pada alat kincir sederhana menghasilkan 100 meter benang dengan diameter benang rata - rata 0,716 mm.

Dalam kain terdapat dua jenis benang yaitu benang lusi dan benang pakan. Benang Pakan Serat bulu domba. Berat serat bulu domba per ekor = 225 gram. Jumlah domba untuk mendapatkan 1 kg (1000 gram) serat bulu domba.

$$\frac{1000}{225} = 4,444 \text{ ekor atau } = 4,5 \text{ ekor.}$$

Panjang benang yang dihasilkan dari 225 gram serat bulu domba = 100 meter.

Lebar kain 140 cm. Mengkerut pakan 2 %
 Panjang benang dalam kain = $100 \times \frac{100-2}{100} = 98$ meter.

Panjang kain yang diproduksi = $\frac{98}{140} = 0,7$ meter atau = 70 cm.

Karena 1 kg serat bulu domba sama dengan 4,5 ekor domba, maka, kain yang dihasilkan = $4,5 \times 70 \text{ cm} = 315 \text{ cm}$, atau = 3,15 meter.

Harga serat bulu domba per kg = Rp 10.000,-
 Harga benang pakan per 1 (satu) meter kain
 $\frac{10.000}{3,15} = \text{Rp } 3.174,603,-$

Benang Lusi (Serat kapas).

- Lebar kain 140 cm.
- Tetal lusi 8 helai per cm.
- Mengkerut lusi 4 %.
- Nomor benang lusi N_1 40/2.
- Harga benang lusi per 1 kg (1000 gram) = Rp 35.000,-

Perhitungan biaya benang lusi 1 meter kain
 Jumlah benang lusi untuk lebar kain 140 cm
 = 140×8 helai = **1120 helai.**

Pemendekan lusi 4 %.
 Panjang benang lusi dalam kain = $1120 \times$

$$\frac{100 + 4}{100} \times 1 \text{ meter} = 1164,8 \text{ meter.}$$

$$\text{Berat benang lusi dalam 1 meter kain} = 1164,8 \times \frac{453,6}{2 \times 768} \text{ gram} = 34,398 \text{ gram.}$$

Jadi dari benang lusi 1 kg (1000 gram) yang ditenun jadi kain hanya 34,398 gram, atau 1000 gram benang lusi dapat di tenun menjadi kain

$$\frac{1000}{34,398} = 29,0715 \text{ meter kain.}$$

$$\text{Harga benang lusi per 1 meter kain} \frac{35.000}{29,0715} = \text{Rp } 1203,928,-$$

$$\begin{aligned} \text{Total biaya untuk 1 meter kain adalah} \\ &= \text{Rp } 3174,603,- + \text{Rp } 1203,928,- \\ &= \text{Rp } 4378,531,- \end{aligned}$$

Dibandingkan dengan kain nama dagang :
 (Sumber Data :Toko LIMAN)

- Global
 Panjang = 100 cm, lebar = 140 cm.
 Harga Rp 33.000,-
- Atlantic
 Panjang = 100 cm, lebar = 140 cm.
 Harga Rp 26.000,-
- Marino
 Panjang = 100 cm,lebar = 140 cm.
 Harga Rp 28.000,-

Dari perhitungan ekonomis kain serat bulu domba diperoleh harga kain 1 meter menjadi Rp 4378,531,-, jika dibandingkan dengan harga kain sejenis di toko, maka harga di toko lebih mahal seperti: Galaksi lebih mahal 86,732 %, Atlantic lebih mahal 83,259 % dan Marino lebih mahal 84,362 %.

9. KESIMPULAN

1. Serat bulu domba dapat digunakan sebagai bahan baku tekstil dan produk tekstil dan bahan baku tekstil kriya. Kotoran dan noda - noda pada serat dapat dihilangkan dengan penggunaan zat kimia asam sulfat (H_2SO_4) 5% dan sebagai pemutih menggunakan zat kimia hidrogen peroksida (H_2O_2) dengan perbandingan 1:30.
2. Kekuatan tarik serat bulu domba sebelum pemberian zat kimia, kekuatan (*Tenacity*) = 1,8 gram/denier dan setelah pemberian zat kimia kekuatan menjadi : *Tenacity* = 1,397 gram/denier, mulur 11 % - 18 %.
3. Serat bulu domba dapat diolah menjadi barang bernilai dan sangat ekonomis.
4. Karena kain sejenis di toko lebih mahal (Galaksi 86,732 %, Atlantic 83,259 % dan Marino 84,362 %), sehingga kain serat bulu domba sangat ekonomis dan dapat dikomersialkan.

10. SARAN

Benang serat bulu domba dengan pemintalan kincir sangat baik untuk bahan baku tekstil kriya (seni), dan sangat bernilai ekonomis karena alat pintal kincir merupakan alat sederhana mudah dibuat dan mudah dioperasikan. Alat pintal model kincir sangat dimungkinkan untuk dijadikan alat pengabdian kepada masyarakat peternak domba jawa. Benang serat bulu domba untuk dijadikan karya seni perlu perancangan yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

Agusramdas.*multiply.com*

<http://www.scrbd.com/doc/48549104/diskusi-serat-1>.

Badan Agribisnis. (2007) *Agroindustri Non Pangan*. Badan Agribisnis Departemen Pertanian, Jakarta.

Hartanto, N., Sugiarto dan Watanabe, S. (1986) *Teknologi Tekstil*. Jakarta.

Jumaery, et. al. (1977) *Pengetahuan Tekstil*. Institut Teknologi Tekstil. Bandung.

Lyle and Dorothy, S. (1982) *Modern Textiles*. New York.

M. Duldjaman, T.R. Wiradarya dan M.I.H. Muttaqin. (2006) *Daya Pinal dan Kekuatan Benang Bulu Domba Priyangan dan Peranakan Marino (Hasil Penelitian)*. Fakultas Pertanian IPB. Bogor.

Moerdoko, W. et.al. (1975) *Evaluasi Tekstil*. Institut Teknologi Tekstil. Bandung.

Moncrief, R.W. (2007) *Made Fiber*. New York.

Mulyono, Subangkit, B. Sarwono. (2004) *Beternak Domba Prolifik*. Penebar Swadaya. Depok Jawa Barat.

Pawitro. (1974) *Teknologi Pemintalan*, Institut Teknologi Tekstil. Bandung.

Soeprijono, P. et al. (1974) *Serat - serat Tekstil*. Institut Teknologi Tekstil. Bandung.

Sudjana. (2006) *Metoda Statistika*. Tarsito. Bandung.

Sutama, Budiarsana. (2010) *Pedoman Lengkap Kambing dan Domba*. Penebar Swadaya, Jakarta.

Winarni chatib, Bk. Teks. (1979) *Petunjuk Praktek Pengujian Tekstil*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan. Jakarta.

DAFTAR ISI

- 1-9 **ADSORPSI METHYLENE BLUE DENGAN MENGGUNAKAN ADSORBEN ABU LAYANG TERMODIFIKASI**
Bachrun Sutrisno, Zahrul Mufrodi, Arif Hidayat
- 10-17 **ANALISIS TRANSFER MASSA PADA DEHIDRASI OSMOSIS PEPAYA (CARICA PAPAYA)**
Sang Kompiang Wirawan
- 18-28 **IMPLEMENTASI LINKED OPEN DATA DALAM PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI PERDAGANGAN INTERNASIONAL**
Hendrik
- 29-33 **OPTIMASI HASIL PENGELASAN FSW (FRICTION STIR WELDING) DENGAN VARIASI PANJANG INDENTOR TOOL**
Yustiasih Purwaningrum, Soep
- 34-41 **PROSPEK PRODUKSI HIDROGEN MENGGUNAKAN ENERGI SURYA DI INDONESIA**
Sutarno
- 42-49 **PENINGKATAN KUALITAS KEPUTUSAN PERSETUJUAN KREDIT PERBANKAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE ROUGH SET DATA MINING**
Agus Mansur dan Yardin Heidsyam
- 50-62 **ANALISIS PENGARUH KOLABORASI DALAM SUPPLY CHAIN DENGAN PERFORMANSI PERUSAHAAN: META ANALISIS**
Elisa Kusri

Redaksi menerima tulisan yang belum pernah diterbitkan atau dalam proses penerbitan dari kalangan akademisi dan peneliti. Redaksi berhak mengubah tulisan tanpa mengurangi atau mengubah maksudnya. Pedoman penulisan tercantum pada bagian akhir Jurnal ini.

DAFTAR ISI

- 63-70 **MODEL OPTIMASI PERSAINGAN DUOPOLI KASUS:
PERSAINGAN PENJUALAN OBAT DI RUMAH SAKIT ABC
SEMARANG**
Farham HM Saleh, Erni Suparti
- 71-77 **ANALISIS DAN PERHITUNGAN TINGKAT PRODUKTIVITAS
PARSIAL DENGAN METODE COBB-DOUGLAS
(Studi Kasus pada PDAM Kabupaten Kebumen)**
Abdul Djalal
- 78-89 **MAMMOGRAPHIC RISK ASSESSMENT USING TABÁR PATTERNS**
Izzati Muhimmah
- 90-100 **PENGARUH SUMBER STRES ORGANISASI TERHADAP PRESTASI
KERJA KARYAWAN
(Studi Kasus pada Operator PT. X Bandung)**
Nashrullah Setiawan
- 101-114 **PENGAMANAN IPV6 MENGGUNAKAN OPENVPN**
Muhammad Haris Wibowo, Irving Vitra Papatungan, Ari Sujarwo
- 115-122 **ROBOT TRANSPORTASI BARANG OTOMATIS MENGGUNAKAN
SENSOR WARNA RGB DENGAN ATMEGA32**
Medilla Kusriyanto, Dwi Ana Ratna Wati, Drajat Restu Nursigit
- 123-130 **ANALISIS PREFERENSI INVESTOR DALAM PENGAMBILAN
KEPUTUSAN INVESTASI**
Sri Indrawati, Subagyo

Redaksi menerima tulisan yang belum pernah diterbitkan atau dalam proses penerbitan dari kalangan akademisi dan peneliti. Redaksi berhak mengubah tulisan tanpa mengurangi atau mengubah maksudnya. Pedoman penulisan tercantum pada bagian akhir Jurnal ini.

DAFTAR ISI

- 131-137 **ANALISIS DAN PERHITUNGAN TINGKAT PRODUKTIVITAS PARSIAL DENGAN METODE COBB-DOUGLAS (Studi Kasus pada PDAM Kabupaten Kebumen)**
Abdul Djalal
- 138-144 **STUDI KOMPARASI *TIME SERIES PREDICTION* BERBASIS *AUTOREGRESSIVE NEURAL NETWORK* DAN *BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK* PADA SISTEM KONTROL PREDIKSI POSISI MAGNET**
Alvin Sahroni
- 145-153 **PENGUKUR TEGANGAN DAN ARUS RMS JALA-JALA LISTRIK BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 8535**
Freddy Kurniawan
- 154-159 **OPTIMASI ANTRIAN KEDATANGAN KENDARAAN *SUBCONTRACTOR* DENGAN METODE SIMULASI (Studi Kasus di Seksi *Part preparation* Perusahaan Perakitan Motor Jakarta)**
Harwati
- 160-168 **PENCITRAAN BENTUK BENDA MENGGUNAKAN GELOMBANG *ULTRASONIC* DENGAN *INTERFACE PPI 8255* DAN MIKROKONTROLLER *MC74HC595A***
Medilla Kusriyanto, Yudi Prayudi, Hartanto
- 169-180 **BASIC ERGONOMICS RISK ASSESSMENT IMPLEMENTATION ON SITE ERGONOMICS PROGRAM**
Muhammad Ragil Suryoputro
- 181-187 **KARAKTERISTIK PEMBAKARAN BRIKET ARANG TEMPURUNG KELAPA, BRIKET ARANG SERBUK GERGAJI KAYU JATI, BRIKET ARANG BONGGOL JAGUNG, BRIKET ARANG BATANG JAGUNG, BRIKET ARANG SEKAM PADI, BRIKET BATUBARA KARBONISASI DAN NON KARBONISASI, DAN ARANG KAYU**
Siti Jamilatun

Redaksi menerima tulisan yang belum pernah diterbitkan atau dalam proses penerbitan dari kalangan akademisi dan peneliti. Redaksi berhak mengubah tulisan tanpa mengurangi atau mengubah maksudnya. Pedoman penulisan tercantum pada bagian akhir Jurnal ini.

DAFTAR ISI

- 188-193 **PENGGUNAAN METODE ELEMEN HINGGA UNTUK ANALISIS TERMAL PADA PROSES LAS FRIKSI ALUMINIUM**
Agung Nugroho Adi, Yustiasih Purwaningrum, Muhamad Wiradinata
- 194-203 **PERANCANGAN DAN ANALISIS PERFORMANSI JARINGAN *USO-WIMAX* BERDASAR POTENSI EKONOMI DAERAH KABUPATEN KULONPROGO**
Firdaus, Muhammad Nur Arifin, Tito Yuwono
- 204-213 **KOMPOSIT *HYBRID* LUMPUR LAPINDO DAN SERAT KENAF UNTUK PRODUKSI *PLAFOND* BANGUNAN YANG KUAT, MURAH DAN RAMAH LINGKUNGAN TINJAUAN ASPEK KIMIA**
Kamariah Anwar
- 214-219 **PROTOTYPE ALAT PENGHITUNG TARIF PDAM DENGAN PULSA ELEKTRONIK BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 16**
Medilla Kusriyanto
- 220-229 **EKSPERIMENTAL ANALISIS DAYA DAN TORSI PADA MOTOR INDUKSI**
Tito Yuwono, Suyanto
- 230-239 **PEMINTALAN SERAT BULU DOMBA UNTUK SENI KRIYA YANG BERNILAI EKONOMIS**
Tuasikal M. Amin

Redaksi menerima tulisan yang belum pernah diterbitkan atau dalam proses penerbitan dari kalangan akademisi dan peneliti. Redaksi berhak mengubah tulisan tanpa mengurangi atau mengubah maksudnya. Pedoman penulisan tercantum pada bagian akhir Jurnal ini.

PEDOMAN PENULISAN

Lingkup Jurnal. Tulisan yang dapat dimuat adalah yang mengkaji masalah yang berhubungan dengan bidang Teknik Kimia, Teknologi Tekstil, Teknik dan Manajemen Industri, Teknik Informatika, Teknik Elektro serta Teknik Mesin.

Jenis Makalah. Tulisan yang ditampilkan dapat berupa laporan penelitian ataupun makalah ilmiah bukan penelitian seperti laporan studi kasus atau kajian pustaka komprehensif. Laporan penelitian minimal memuat bagian abstrak, pendahuluan (latar belakang, tujuan, hipotesis, konsep-konsep kunci), metodologi penelitian, hasil penelitian dan pembahasan, kesimpulan, serta daftar pustaka. Makalah ilmiah bukan penelitian minimal memuat bagian abstrak, pendahuluan, pembahasan, kesimpulan, dan daftar pustaka.

Panjang tulisan. Panjang tulisan berkisar antara 8-12 halaman berukuran A4 spasi tunggal termasuk tabel dan gambar serta lampiran. Tulisan dapat dikirimkan melalui e-mail ke teknoin@fti.uui.ac.id.

Abstrak. Panjang abstrak maksimum 200 kata dengan disertai dengan 3-5 kata kunci pada bagian akhir abstrak. Untuk tulisan dalam Bahasa Indonesia abstrak dibuat dalam Bahasa Inggris, dan sebaliknya. Abstrak tidak bersifat matematis dan memuat masalah penelitian, metodologi, hasil, dan kesimpulan.

Tabel dan Gambar. Tabel dan gambar harus diberi nomor dan judul, serta harus diacu dalam tulisan.

Persamaan. Persamaan matematika diberi nomor urut dalam kurun, (x), dengan dituliskan rata kanan.

Kutipan. Cara penulisan sumber kutipan adalah dengan format (nama, tahun) pada akhir

kutipan. Sumber kutipan yang ditulis oleh 2 orang menggunakan format (nama1 dan nama2, tahun), sedangkan yang ditulis oleh 3 orang dan lebih menggunakan format (nama1 dkk., tahun) atau (nama1 et. al., tahun).

Daftar Pustaka. Daftar pustaka diurutkan berdasarkan nama pengarang dan hanya memuat pustaka yang dikutip dalam tulisan. Nama pengarang dituliskan tanpa gelar, serta nama depan dan tengah, jika ada, disingkat. Beberapa contoh penulisan daftar pustaka.

Buku

Elsayed, E.A., dan Boucher, T.O. (1994) *Analysis and Control of Production System*. Prentice Hall, New Jersey.

Buku yang ditulis oleh lembaga

Modern Language Association (1984) *MLA Handbook of Writers of Research Papers, Theses and Dissertations*. Modern Language Association, New York.

Buku suntingan

Mammone, R.J., ed. (1993) *Artificial Neural Network for Speech and Vision*. Chapman and Hall, London.

Bagian dari buku suntingan dengan penulis berbeda

Girosi F. dan Ilotti, G.A. (1993) Rates of Convergence for Radial Basis Functions and Neural Network, dalam Mammone, R.J., ed., *Artificial Neural Network for Speech and Vision*. Chapman and Hall, London, 97-114.

Artikel Jurnal

Chen, S., Cowan, C.F.N., dan Grant, P.M. (1991) Orthogonal Least Squares Learning Algorithm for Radial Basis Function Network. *IEEE Transaction on Neural Network*. Vol.2, No.3. Pp:302-309.

ISSN 0853-8697



9 770853 869710