



photon

Natural Science, Technology, Environmental & Health Journal

Ahmad Kafrawi Nasution	APLIKASI BIOMATERIAL DALAM KARDIOLOGI: STENT KORONARIA (<i>Biomaterials Applications in Cardiology: Coronary Stents</i>)	1
Jusnita	KETANGGUHAN RETAK DINAMIK BAHAN KOMPOSIT GFRP UNTUK HELMET INDUSTRI DISEBABKAN BEBAN IMPAK MENGGUNAKAN MSC/NASTRAN FOR WINDOWS	11
Hasmalina Nst, Gunawan Pratama Yoga, Latifah K. Darusman	HUBUNGAN KARAKTERISTIK SEDIMEN DASAR TERHADAP KANDUNGAN MERKURI AKIBAT PERTAMBANGAN EMAS TANPA IJIN (PETI) PONGKOR - KAB. BOGOR	19
Lazulva	STUDI TEORITIS: STRUKTUR DAN SIFAT POLIFURAN TERSUBSTITUSI SEBAGAI SEMIKONDUKTOR DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM PM3	25
Nofripta Herlina	ISOLASI BAKTERI PENGHASIL PROTEASE ASAL KAWASAN TAMAN HUTAN RAYA SULTAN SYARIF HASYIM RIAU	33
Musyirna Rahmah Nst, Armon Fernando, Suhelmi	ANALISA BENSORSAK SECARA KROMATOGRAFI CAIR KINERJA TINGGI: STUDI KASUS SAMPEL SAOS SAMBAL DARI INDUSTRI RUMAH TANGGA DI PEKANBARU	39
Pangoloan Soleman Ritonga, Sukindro	ANALISIS KANDUNGAN FOSFOR MENGGUNAKAN SPECTROFOTOMETER UV-VIS PADA KACANG HIJAU YANG DIAMBIL DARI PASAR KOTA PEKANBARU	45
Neneng Astuti, Yesi Sulastri	TINGKAT KECEMASAN KELUARGA PASIEN SAAT MENUNGGU ANGGOTA KELUARGA YANG DIRAWAT DI RUANG ICU RUMAH SAKIT ISLAM IBNU SINA PEKANBARU	53
Isnaniar	HUBUNGAN ANTARA TINGKAT PENGETAHUAN TENTANG PENYAKIT SCABIES DENGAN PERILAKU PENCEGAHAN PENYAKIT SCABIES PADA SISWA MTs. DAR – EL HIKMAH PEKANBARU	57
Yusbarina, Rumondang Bulan Nst, Zul Alfian	PEMANFAATAN KULIT UBI KAYU MENJADI KERUPUK DAN PENENTUAN KADAR NUTRIENNYA	63

JURNAL PHOTON

Terbit Dua Kali Setahun: Oktober dan Mei

ISSN: 977 2087393009



Penanggung Jawab

Dekan FMIPA dan Kesehatan

Ketua Dewan Editor

Yeeri Badrun, M.Si

Dewan Editor:

Elsie, M.Si

Wirdati Irma, M.Si

Yulia Fitri, M.Si

Rika Putri, M.Si

Hasmalina Nasution, M.Si

Jufrizal Syahri, M.Si

Rifa Yanti, M.Biomed

Editor Teknik

Shabri Putra Wirman, M.Si

Prasetya, M.Si

Mitra Bestari

Prof. Jasril (Kimia FMIPA - Universitas Riau)

DR. Mubarak (Fisika Faperika – Universitas Riau)

Ezalina, M.Kes (Keperawatan – Stikes Payung Negeri Pekanbaru)

DR. Elfis, M.Si (Biologi-Universitas Islam Riau)

Promosi dan Pemasaran

Sri Hilma Siregar, M.Sc

Alamat Redaksi: FMIPA dan Kesehatan UMRI, Jl. K.H. Ahmad Dahlan, Telp (0761) 35008,

Email Jurnal:photon@gmail.com

Diterbitkan oleh: UMRI PRESS

Tahun Pertama Terbit: 2010

DAFTAR ISI

APLIKASI BIOMATERIAL DALAM KARDIOLOGI: <i>STENT KORONARIA</i> (Biomaterials Applications in Cardiology: <i>Coronary Stents</i>).....	1
KETANGGUHAN RETAK DINAMIK BAHAN KOMPOSIT GFRP UNTUK HELMET INDUSTRI DISEBABKAN BEBAN IMPAK MENGGUNAKAN MSC/NASTRAN FOR WINDOWS	11
HUBUNGAN KARAKTERISTIK SEDIMEN DASAR TERHADAP KANDUNGAN MERKURI AKIBAT PERTAMBANGAN EMAS TANPA IJIN (PETI) PONGKOR - KAB. BOGOR.....	19
STUDI TEORITIS: STRUKTUR DAN SIFAT POLIFURAN TERSUBSTITUSI SEBAGAI SEMIKONDUKTOR DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM PM3.....	25
ISOLASI BAKTERI PENGHASIL PROTEASE ASAL KAWASAN TAMAN HUTAN RAYA SULTAN SYARIF HASYIM RIAU	33
ANALISA BENSORSAK SECARA KROMATOGRAFI CAIR KINERJA TINGGI: STUDI KASUS SAMPEL SAOS SAMBAL DARI INDUSTRI RUMAH TANGGA DI PEKANBARU	39
ANALISIS KANDUNGAN FOSFOR MENGGUNAKAN SPECTROFOTOMETER UV-VIS PADA KACANG HIJAU YANG DIAMBIL DARI PASAR KOTA PEKANBARU	45
TINGKAT KECEMASAN KELUARGA PASIEN SAAT MENUNGGU ANGGOTA KELUARGA YANG DIRAWAT DI RUANG ICU RUMAH SAKIT ISLAM IBNU SINA PEKANBARU	53
HUBUNGAN ANTARA TINGKAT PENGETAHUAN TENTANG PENYAKIT SCABIES DENGAN PERILAKU PENCEGAHAN PENYAKIT SCABIES PADA SISWA MTs. DAR – EL HIKMAH PEKANBARU	57
PEMANFAATAN KULIT UBI KAYU MENJADI KERUPUK DAN PENENTUAN KADAR NUTRIENNYA	63
PANDUAN BAGI PENULIS JURNAL PHOTON.....	71

APLIKASI BIOMATERIAL DALAM KARDIOLOGI: *STENT KORONARIA* (Biomaterials Applications in Cardiology: *Coronary Stents*)

Ahmad Kafrawi Nasution

Program Studi Teknik Mesin, FT - Universitas Muhammadiyah Riau
Jl. KH Ahmad Dahlan No. 88 Sukajadi-Pekanbaru-Riau
Email: ucokafrawi@yahoo.com

ABSTRACT

Research in the field of materials has become widespread. Biomaterials is a term that is aimed at material that is part of medical implants. Biomaterials have been used by humans both to improve appearance and restore organ function. Modern biomaterials are still needed and biofunctionality study of biocompatibility of implants. Biocompatibility must be referring to the material properties to be safe and work in harmony with the body without causing other harmful effects. An important aspect to consider from the biocompatibility of products starting from the fabrication process, corrosion resistance and modification of implant materials and coatings.

Keyword: *Biomaterial, biocompatibility, implant, stent, material properties.*

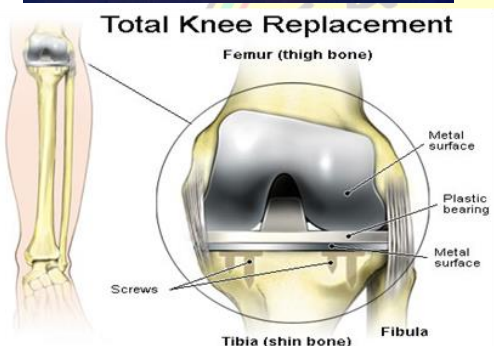
1. PENDAHULUAN

Sampai saat ini, perkembangan material buatan manusia telah berkembang secara luas untuk menggantikan bagian-bagian dari sistem dalam tubuh manusia. Istilah yang ditujukan pada material yang merupakan bagian dari implan medis yang digunakan pada bidang kedokteran, bedah, kedokteran gigi dan obat-obatan dalam setiap aspek perawatan kesehatan baik manusia ataupun hewan yang dikenal dengan biomaterial. Biomaterial memainkan peran utama dalam mengganti atau memperbaiki fungsi dari setiap sistem utama tubuh seperti implan perangkat ortopedik, implan jantung (seperti katup jantung buatan dan alat pacu jantung), implan jaringan lunak (seperti implan payudara dan suntik kolagen), implan gigi untuk mengganti gigi/sistem akar dan jaringan tulang di rongga mulut, termasuk juga seperti peredaran darah dan saraf[1]. Bahkan, berbagai aplikasi terus berkembang dan sangat luas dari biomaterial seperti joint (sambungan/sendi) dan limb replacement (penggantian anggota tubuh), arteri, kulit buatan, lensa kontak dan gigi buatan. Tanpa

disadari pemakaian biomaterial sudah lama digunakan oleh manusia baik untuk memperbaiki penampilan maupun mengembalikan fungsi organ tubuh[1].

Diakui, setiap definisi biomaterial belumlah sempurna atau lengkap tetapi telah memberikan referensi yang sangat baik serta merupakan titik awal untuk didiskusikan. Secara umum pengelompokan biomaterial terbagi kedalam biomaterial sintetis dan biomaterial alami. Biomaterial sintetis ini terkait pada material seperti logam, keramik, polimer, dan komposit. Sedangkan Biomaterial alami material yang diperoleh dari binatang atau tumbuhan.

Pada Biomaterial modern masih membutuhkan kajian tentang biokompatibilitas dan biofunctionality of implants. Dimana biokompatibilitas merupakan konsep yang mengacu pada sifat material jika digunakan haruslah aman dan bekerja selaras dengan tubuh tanpa menimbulkan efek lain yang berbahaya, sedangkan biofunctionality merupakan rekayasa pada fungsi khusus dalam hal sifat fisik dan mekanik dari implan tersebut[1].

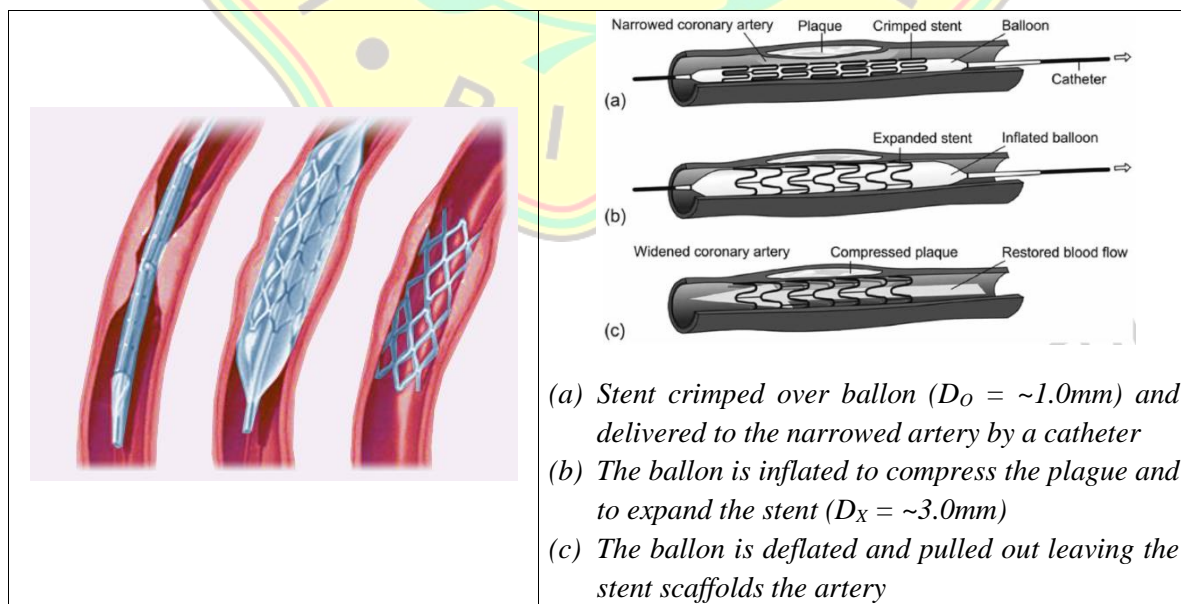


Gambar 1. Aplikasi biomaterial pada anggota tubuh [19,20]

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penyakit jantung merupakan penyebab utama kematian di dunia termasuk Amerika Serikat dan Indonesia. Sebagian besar kematian ini disebabkan oleh penyakit arteri koroner, penebalan arteri akibat penumpukan kolesterol[2].

Sebuah metode untuk memerangi penyumbatan pembuluh darah ini adalah balon angioplasti digabungkan dengan *stenting*. Stent merupakan biomaterial yang digunakan di dunia kesehatan (ahli bedah) untuk memperluas atau membuka sumbatan arteri yang berguna untuk menormalkan aliran darah dan mengurangi resiko serangan jantung. Sedangkan untuk memasang *stent* menggunakan kawat pemandu kateter, dimana dokter bedah memasukkan balon ke dalam pembuluh yang tersumbat. Balon ini melekat pada *stent*, balon mengembang, mendorong kolesterol lalu meninggalkan *stent* di tempatnya. Stent ini dapat dikembangkan lalu menopang pembuluh darah yang rusak setelah balon dan kawat pemandu ditarik.



Gambar 2. Pemasangan *stent* pada pembuluh darah yang tersumbat [7, 12]

Saat ini, sebagian besar *stent* terbuat dari kerangka baja tahan karat (stainless steel) yang ukurannya sangat kecil. Namun baja tahan karat seri 316L yang sering digunakan juga tidak sepenuhnya biokompatibel dimana terdapat kejadian menutupnya kembali atau runtuhnya

arteri (restenosis) yang tinggi dan pembentukan bekuan atau adanya bekuan darah dalam pembuluh darah (trombosis). Oleh karena itu biokompatibel masih menjadi ladang kajian dibidang material dan para ilmuwan sampai sat ini masih meneliti pilihan material yang lebih

baik meliputi logam seperti emas, titanium, nitinol, dan berbagai polimer. paduan kobalt-kromium, paduan tantalum,

Tabel 1 Contoh material medis dan gigi serta aplikasinya[8]

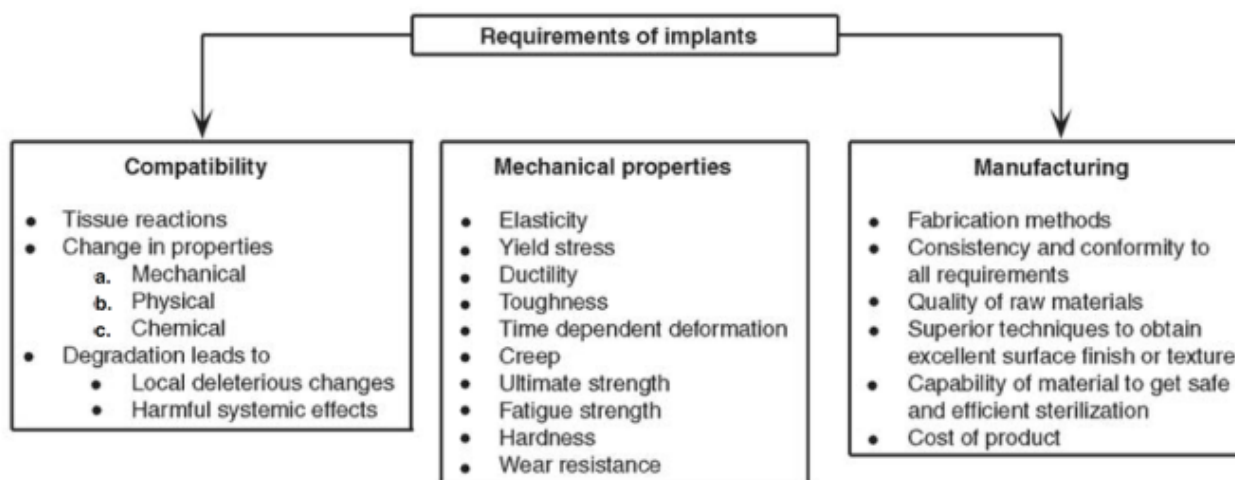
Material	Principal applications
Metals and alloys	
316L stainless steel	Fracture fixation, <i>stents</i> , surgical instruments
CP-Ti, Ti-Al-V, Ti-Al-Nb, Ti-13Nb-13Zr, Ti-Mo-Zr-Fe	Bone and joint replacement, fracture fixation, dental implants, pacemaker encapsulation
Co-Cr-Mo, Cr-Ni-Cr-Mo	Bone and joint replacement, dental implants, dental restorations, heart valves
Ni-Ti	Bone plates, <i>stents</i> , orthodontic wires
Gold alloys	Dental restorations
Silver products	Antibacterial agents
Platinum and Pt-Ir	Electrodes
Hg-Ag-Sn amalgam	Dental restorations
Ceramics and glasses	
Alumina	Joint replacement, dental implants
Zirconia	Joint replacement
Calcium phosphates	Bone repair and augmentation, surface coatings on metals
Bioactive glasses	Bone replacement
Porcelain	Dental restorations
Carbons	Heart valves, percutaneous devices, dental implants
Polymers	
Polyethylene	Joint replacement
Polypropylene	Sutures
PET	Sutures, Vascular prosthesis
Polyamides	Sutures
PTFE	Soft-tissue augmentation, vascular prostheses
Polyesters	Vascular prostheses, drug-delivery systems
Polyurethanes	Blood-contacting devices
PVC	Tubing
PMMA	Dental restorations, intraocular lenses, joint replacement (bone cements)
Silicones	Soft-tissue replacement, ophthalmology
Hydrogels	Ophthalmology, drug-delivery systems
Composites	
BIS-GMA-quartz/silica filler cements)	Dental restorations
PMMA-glass fillers	Dental restorations (dental cements)

Abbreviations: CP-Ti, commercially pure titanium; PET, polyethylene terephthalates (Dacron, E.I. DuPont de Nemours & Co.); PTFE, polytetra fluoroethylenes (Teflon, E.I. DuPont de Nemours & Co.); PVC, polyvinyl chlorides; PMMA, polymethyl methacrylate; BIS-GMA, bisphenol A-glycidyl.

Di masa lalu, keberhasilan material dalam aplikasi biomedis tidak begitu banyak, seleksinya berdasarkan kriteria biokompatibilitas hasil dari kebetulan, perbaikan melalui teknologi fabrikasi dan kemajuan dalam perlakuan permukaan (surface treatment) pada material. Di masa sekarang dan masa yang akan datang pemilihan dari biomaterial untuk aplikasi tertentu harus berdasarkan pada beberapa kriteria seperti sifat fisik-kimia dan ketahanan material, fungsi yang diinginkan prosthesis, sifat lingkungan di tingkat

fisiologis/organ jaringan, efek samping dalam hal kegagalan, serta masalah biaya[8]. Persyaratan mekanik juga harus dipertimbangkan ketika memilih material untuk aplikasi biomedis. Kekuatan material seperti tarik atau tekan, kekakuan, lelah (fatigue), ketahanan aus, dan kestabilan dimensi harus dipertimbangkan untuk memastikan keberhasilannya. Sebagai contoh, material fleksibel dengan sifat yang kurang kuat cocok untuk cangkok vaskular. Selain itu, kinerja material dengan kondisi beban dinamis harus

dipertimbangkan juga dengan tepat, karena banyak implan mengalami berbagai jenis beban berulang dalam tubuh[8].



Gambar 3. Pemilihan sifat material untuk stent[8]

Tiga kelompok material logam yang mendominasi biomedis seperti 316L stainless steel, paduan kobal-kromium-molibdenum, dan titanium murni dan paduan titanium (Tabel 2 dan 3). Pertimbangan utama dalam pemilihan logam dan paduan untuk aplikasi biomedis adalah biokompatibilitas, sifat mekanik yang sesuai, tahan korosi dan biaya[2,8]. Pada sisi lain jenis logam yang dipakai dalam biomedis tergantung pada aplikasi implan tertentu. Jenis 316L stainless steel (SS 316L) masih merupakan paduan yang paling banyak digunakan di semua divisi implan mulai dari kardiovaskular untuk otorhinology. Namun, ketika implan membutuhkan ketahanan aus yang tinggi seperti sendi buatan, paduan CoCrMo lebih baik (Tabel 4.). Biomaterial logam dieksplotasi karena inertness dan fungsi struktural, material tersebut tidak memiliki biofunctionalities seperti kompatibilitas darah, konduktivitas tulang dan bioaktivitas[13].

Tabel 2. Komposisi paduan bedah implan (wt %)[2]

Element	316L Stainless Steel (ASTM F138,139)	Co-Cr-Mo (ASTM F799)	Grade 4 Ti (ASTM F67)	Ti-6Al-4V (ASTM F136)
Al	—	—	—	5.5–6.5
C	0.03 max	0.35 max	0.010 max	0.08 max
Co	—	Balance	—	—
Cr	17.0	26.0–30.0	—	—
Fe	Balance	0.75 max	0.30–0.50	0.25 max
H	—	—	0.0125–0.015	0.0125 max
Mo	2.00	5.0–7.0	—	—
Mn	2.00 max	1.0 max	—	—
N	—	0.25 max	0.03–0.05	0.05 max
Ni	10.00	1.0 max	—	—
O	—	—	0.18–0.40	0.13 max
P	0.03 max	—	—	—
S	0.03 max	—	—	—
Si	0.75 max	1.0 max	—	—
Ti	—	—	Balance	Balance
V	—	—	—	3.5–4.5
W	—	—	—	—

Tabel 3. Pemilihan sifat mekanik dari Biomaterial logam[2]

Material	Young's Modulus, E (GPa)	Yield Strength, σ_y (MPa)	Tensile Strength, σ_{UTS} (MPa)	Fatigue Limit, σ_{end} (MPa)
Stainless steel	190	221–1,213	586–1,351	241–820
Cobalt-chromium (Co-Cr) alloys	210–253	448–1,606	655–1,896	207–950
Titanium (Ti)	110	485	760	300
Ti-6Al-4V	116	896–1,034	965–1,103	620
Cortical bone	15–30	30–70	70–150	—

Tabel 4. Divisi Implan dan jenis logam yang digunakan[13]

Division	Example of implants	Type of metal
Cardiovascular	Stent	316L SS; CoCrMo; Ti
	Artificial valve	Ti6Al4V
Orthopaedic	Bone fixation (plate, screw, pin)	316L SS; Ti; Ti6Al4V
	Artificial joints	CoCrMo; Ti6Al4V; Ti6Al7Nb
Dentistry	Orthodontic wire	316L SS; CoCrMo; TiNi; TiMo
	Filling	AgSn(Cu) amalgam, Au
Craniofacial	Plate and screw	316L SS; CoCrMo; Ti; Ti6Al4V
Otorhinology	Artificial eardrum	316L SS

3. HASIL DAN PEMBAHASAN
Pembuatan stent

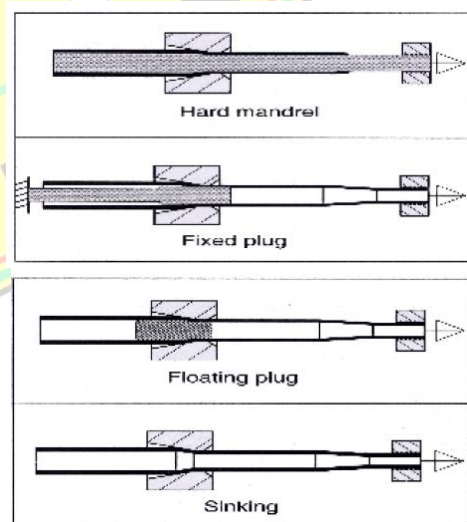
Strategi fabrikasi yang baik merupakan kolaborasi antara dunia industri dan akademis. Strategi ini memberikan gambaran singkat mengenai perumpamaan fabrikasi yang telah digunakan untuk memproduksi *stent* seperti diperlihatkan pada Tabel 5. Eksplorasi dari kedua strategi fabrikasi industri dan akademis telah memberikan wawasan tentang teknologi fabrikasi yang perlu diadopsi sebagai disain *stent* yang terus maju, baik dari sudut pandang material maupun disain. Kemajuan material digunakan untuk *platform stent* dan kompleksitas disain *stent* saat ini.

Tabel 5. Strategi fabrikasi stent[6]

Fabrication Technique	Material Choice		Research Arena	
	Metals	Polymers	Industry	Academia
Nd:YAG Laser	√	X	√	√
Femtosecond laser	√	√	√	X
Compression molding	√	√	x	√
Photochemical etching	√	√	√	√
Electroforming	√	X	√	√
Sputter coating	√	X	x	√
Microelectro discharge	√	X	x	√
Lithography	√	√	x	√
Fused deposition modeling	X	√	x	√
Solvent casting	X	√	x	√

Meskipun standar ASTM dan ISO sudah menentukan batasan-batasan, dan ini sering tidak cukup untuk membawa keamanan yang diperlukan dalam aplikasi *stent*. Hal ini berkaitan dengan *microcleanliness*. Dimensi yang akurat pada tabung merupakan kunci untuk kinerja *stent* dan mampu manufaktur. Ketebalan dinding tabung harus konsisten di sepanjang tabung yang akan digunakan pada pembuatan *stent*. Ini sangat penting dalam pemotongan menggunakan laser agar pencapaian lebar pemotongan yang konsisten[14-18]. Diameter luar (OD) memainkan peran utama pada saat pipa berada di bawah sinar laser. Toleransi yang sempit dan ketat *cylindricity* mendukung akurasi pemotongan laser[6,12]. Lazimnya diameter tabung ~1.4mm dengan ketebalan dinding 0.1mm untuk arteri kecil dan ~1.8mm dengan ketebalan dinding

~0.15mm untuk arteri besar[12]. Gambar di bawah ini terlihat proses pembuatan tabung pipa untuk menghasilkan ukuran ketebalan yang seragam

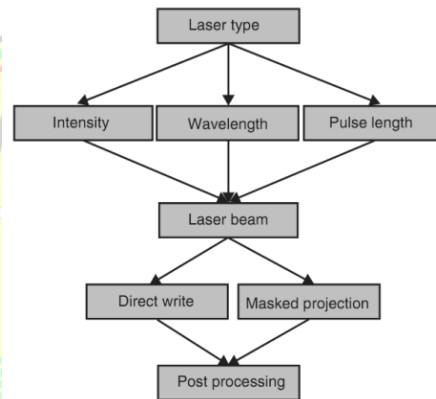


Gambar 4. Pembuatan tabung dengan ketebalan dinding yang seragam[6]

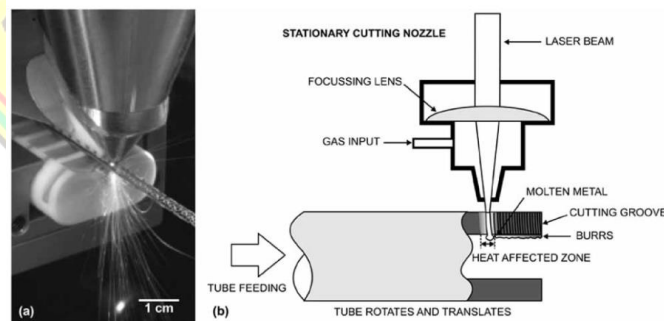
Setelah mendapatkan tabung pipa yang memiliki ketebalan yang seragam selanjutnya dilakukan proses pemotongan. Untuk pembuatan *stent* dari tabung ber dinding tipis umumnya dilakukan dengan fabrikasi menggunakan *micromachining laser*. Prinsip kerja dari *micromachining laser* dengan metode menulis langsung, yang mana laser difokuskan pada substrat yang akan dipotong. Pada pembuatan *stent*, *micromachining laser* menghilangkan material untuk membuat sel-sel terbuka melalui pencairan untuk memotong. Di bawah ini adalah skema cara pemilihan jenis laser atas pertimbangan panjang *pulse*, tingkat daya, dan media yang akan digunakan untuk pembuatan *stent*.

Laser yang paling sering digunakan untuk fabrikasi *stent* adalah *The neodymium*:

yttrium-aluminium-garnet (Nd: YAG) solid-state laser karena panjang gelombangnya pendek yaitu sebesar 1064 nm. Nd: YAG laser telah terbukti untuk membuat celah sebesar 50-100 pm [4,12].

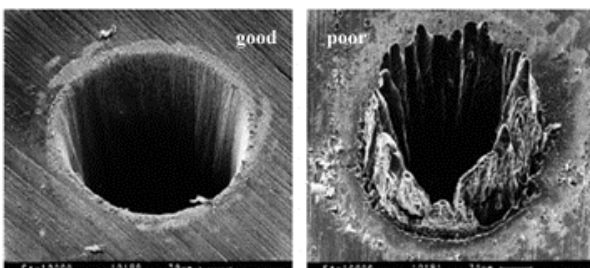


Gambar 5. Skema pemilihan variabel laser untuk *stent* yang optimal[4]



Gambar 6. (a) *Stent* yang sedang dipotong oleh laser Nd:YAG (b) Skema tampilan konvensional, teknologi pemotongan *stent* [12]

Jika pemilihan proses pemotongan tidak benar maka akan menimbulkan permasalahan baru seperti permukaan potongan yang tidak rapi, seperti diperlihatkan gambar hasil *scanning electron microscope (SEM)* di bawah ini.

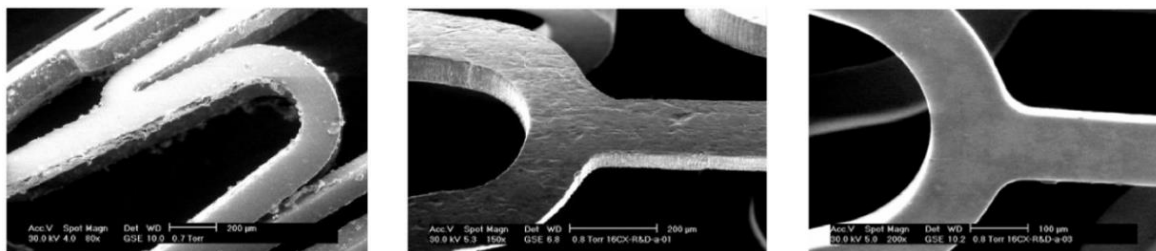


Gambar 7. Skema pemilihan variabel laser untuk *stent* yang optimal[4]

Proses pemotongan dengan cara menghilangkan material menggunakan *micromachining laser* sangat baik. Tetapi kalau dilihat secara mikro masih meninggalkan permukaan relatif kasar dan serbuk logam yang masih menempel di benda kerja. Permukaan relatif kasar dan serbuk material harus dikendalikan dan dikeluarkan dari *stent* dengan melakukan tahapan proses berikutnya yaitu *acid pickling* dan *electropolishing*. Proses *acid pickling* dilakukan untuk menghilangkan terak oksida logam yang melekat setelah proses *micromachining laser*. Caranya *stent* dibersihkan dengan menyemprotkan air deionisasi dan dikeringkan dengan udara panas, selanjutnya

stent dicelupkan dalam larutan asam yang mengandung HF = 1ml, HNO₃ = 9ml dan H₂O =

90 ml, pada 45°C selama 15 menit dengan pembersih ultrasonik[9].



Gambar 8: Hasil scanning electron microscope (SEM) pada (a) Laser cut stent, (b) pickled stent, (c) electropolished stent[9]

Proses berikutnya adalah *electropolishing* dilakukan untuk mendapatkan permukaan yang lebih halus (*smoothness*) pada permukaan *stent* dengan polarisasi secara anodik dalam elektrolit yang sangat konduktif. Pada polarisasi anodik, permukaan yang belum rata tadi dianggap sebagai puncak dan lembah dan memiliki kecepatan yang berbeda saat pelepasan massa material dan sampai kerataan ke tingkat yang diinginkan. Adapun parameter *electropolishing* yang digunakan untuk ukuran *stent*-16mm, tegangan = 9,5 V, arus = 0,44 A, temperatur = 75 °C, dan waktu = 180s. Larutan *electropolishing* terdiri dari H₂SO₄ dan H₃PO₄ masing-masing sebesar 50% (v/v) dan temperaturnya harus dikontrol. Selanjutnya *stent* di bilas dengan air deionisasi dan dikeringkan dengan udara panas[9].



Gambar 9. Variasi bentuk dan ukuran stent yang diproduksi[12]

Korosi dan modifikasi permukaan *stent*

Jaringan cairan dalam tubuh manusia mengandung air, oksigen terlarut, protein, dan berbagai ion seperti klorida dan hidroksida. Akibatnya, tubuh manusia menyajikan lingkungan yang sangat agresif untuk logam yang digunakan untuk implantasi. Ketahanan Korosi material implan merupakan aspek penting dari biokompatibilitasnya[9]. Korosi merupakan reaksi kimia yang tidak diinginkan dari suatu material dengan lingkungannya, tetapi ini tidak dapat dihindari karena korosi adalah proses alamiah, sehingga korosi hanya dapat dihalangi. Laju korosi juga tergantung pada adanya faktor sinergis, seperti faktor mekanik (distribusi tegangan mekanik yang tidak merata) dan lingkungannya.

Jenis korosi yang sering ditemukan dalam aplikasi implan adalah *fretting corrosion*, *pitting corrosion* (korosi lubang) dan *corrosion fatigue* (korosi lelah). *Fretting corrosion* yang paling sering terjadi dalam prostesis sendi panggul karena gerakan kecil dalam medium berair yang korosif[13]. Pada kasus yang lain, jika ada satu bagian bergesekan dengan bagian yang lainnya ini akan mengganggu lapisan pasivasi sehingga mempercepat terjadi korosi di permukaan yang bergesekan tersebut[9]. Parameter yang diperlukan untuk diatur meliputi konsentrasi media korosif, beban atau gaya gesek, frekuensi dan jumlah siklus pada *fretting*[13].

Untuk meningkatkan ketahanan korosi implan dapat dengan memodifikasi permukaan logam dengan cara *electropolishing*. Selain itu,

modifikasi komposisi kimia juga dimungkinkan untuk membentuk lapisan tertentu pada permukaan implan. Sedangkan aplikasi pelapisan diterapkan untuk mengubah sifat permukaan dari *stent* guna mencapai respon biologis yang berbeda. Tidak ada satupun material saat ini yang menyediakan dua sifat yang diperlukan yaitu sifat mekanik dan respon biologis yang optimal.[4]

Hal ini yang melatarbelakangi upaya untuk mengembangkan modifikasi permukaan material *stent* agar tidak terjadi respon antara *stent* dan dinding pembuluh darah.

Ada tiga *stent factor* terkait utama yang mempengaruhi tingkat perubahan struktur dinding arteri koroner (proliferasi intimal):[10]

- Perencanaan *stent*,
- Material *stent*,

- Tingkat cedera di saluran vaskular (*degree of vascular injury*)

Beberapa material menunjukkan sifat mekanik yang sangat baik tetapi sering juga memiliki biokompatibilitas kurang baik, sedangkan material lain dengan biokompatibilitas baik tidak akan menghasilkan *stent* layak. Oleh karena itu, lapisan *stent* adalah sebuah pendekatan yang menggabungkan karakteristik yang diinginkan dari material yang berbeda. Dengan menggunakan pendekatan ini, lapisan *stent* dapat digunakan sebagai pelapis pasif dan aktif. Sedangkan lapisan pasif hanya berfungsi sebagai penghalang memiliki biokompatibilitas baik, lapisan aktif langsung mempengaruhi proliferasi intimal.

Tabel 9. *Commercially available coated stents*[10]

Stent	Coating	Company	Clinical Studies	
			Feasibility	Randomized Coated vs uncoated
BiodivYsio	Phosphorylcholine	Biocompatibles Cardiovascular Farnham, UK	Galli et al. [57]	Not available
Carbostent	Ppyrolytic carbon	Sorin Biomedica Saluggia, Italy	Antoniucci et al. [58]	Not available
MAC-Carbon-Stent	Carbonisation (no details available)	amg Raesfeld-Erle, Germany	Voigt et al. [59]	Not available
Tensum III/TENAX	Silicon carbide	Biotronik Berlin, Germany	Heublein et al. [60]	Not available
NIROYAL	Gold	Boston Scientific SCIMED Maple Grove, U.S.A.	Cremonesi et al. [61]	Not available
INFLOW Stent	Gold	InFlow Dynamics AG München, Germany	Kastrati et al. [32]	Not available
Jomed Coronary Stent Graft	PTFE membrane	Jomed Helsingborg/Sweden	Baldus et al. [62]	Not available

4. KESIMPULAN

- Biomaterial telah digunakan secara luas dibidang kesehatan dengan tujuan meningkatkan kualitas hidup sehingga mencapai taraf kesehatan yang lebih baik
- Biokompatibilitas merupakan persyaratan penting yang merupakan konsep yang mengacu pada sifat material agar aman

dan bekerja selaras dengan tubuh tanpa menimbulkan efek lain yang berbahaya.

- Teknologi fabrikasi yang memainkan peranan yang penting terhadap kualitas pembuatan *stent* yang dapat mempengaruhi biokompatibilitas produk.

- Ketahanan Korosi dan modifikasi material serta lapisan implan merupakan aspek penting dari biokompatibilitasnya

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ratner, Buddy D., et al., 1996, *Biomaterials Science: An Introduction to Materials in Medicine*. Academic Press: San Diego.
- Issel Anne L. Lim, 2004, *Biocompatibility of Stent Materials*, <http://web.mit.edu/murj/www/v11/v11-Features/v11-f5.pdf>.
- Z. Paszenda, Z., 2010, *Use of Coronary Stents - Material and Biophysical Conditions*, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, Volume 43 Issue 1, November 2010.
- W., Adam, Martinez¹ and Elliot L. Chaikof, 2011, *Microfabrication and nanotechnology in stent design*, Advanced Review, Volume 3, May/June 2011, John Wiley & Sons, Inc.
- Park, Joon B., Joseph D. Bronzino, 2003, *Biomaterials, Principles and Applications*, CRC Press, NY.
- Poncin P., J. Proft, 2003, *Stent Tubing: Understanding the Desired Attributes*, ASM International Materials & Processes for Medical Devices Conference 8-10 September 2003. <http://arabbiologists.org/wp-content/uploads/2009/11/4-balloon-angioplasty-and-stenting.png>.
- ASM International Handbook, 2003, *Overview of Biomaterials and Their Use in Medical Devices*, Chap. 1., Materials Park, Ohio, USA.
- Sojitra, Prakash, C. Engineer, A. Raval, D. Kothwala, A. Rawal, H. Kotadia, G. Mehta, 2009, *Electropolishing of 316LVM Stainless Steel Cardiovascular Stents: An Investigation of Material Removal, Surface Roughness and Corrosion Behaviour*, Trends Biomater. Artif. Organs, Vol 23(3), pp 115-121 (2010).
- Wieneke H., M. Haude, R. Erbel, 2001, *Progress in Biomedical Research: Stent Coatings - What Are the Real Differences?*, Department of Cardiology, University of Essen, Essen, Germany.
- Edelman ER, Seifert P, Groothuis A, et al., 2001, Gold-coated NIR stents in porcine coronary arteries. *Circulation*. 2001; 103: 429-434.
- Hermawan, H., Dominique Dubé and Diego Mantovani, 2010, *Patent on Metallic Biodegradable Stents*, Recent Patent on Materials Science 2010,3,140-145.
- Hermawan, H., Dadan Ramdan and Joy R. P. Djuansjah, 2011, *Metals for Biomedical Application*, in R. Fazel (ed.), *Biomedical Engineering: from Theory to Applications*, ISBN: 979-953-307-854-9, InTech Pub, Croatia, 2011, in press.
- Tessier, J. M., Brown, W. G., 1991, *Method and apparatus for laser cutting a hollow metal workpiece*. US5073694.
- Muller, F., 1994, *Method of cutting an aperture in a divece by means of a laser beam*. US5345057.
- Saunders, R. J., 2002, *Method and apparatus for direct laser cutting of metal stents*. US6369355.
- Globerman, O., 2002, *Medical stents, apparatus and method for making same*. US6428570.
- Merdan, K., Shedlov, M., 2005, *Inverted stent laser cutting process and divece with a common base for the laser and the stent holding means*. WO102590. http://ngocquangdentalclinic.files.wordpress.com/2011/04/impant_1.jpg
- <http://www.dxal.net/wp-content/uploads/2009/10/Total-Knee-Replacement.jpg>.

KETANGGUHAN RETAK DINAMIK BAHAN KOMPOSIT GFRP UNTUK HELMET INDUSTRI DISEBABKAN BEBAN IMPAK MENGGUNAKAN MSC/NASTRAN FOR WINDOWS

Jusnita

Pusat Riset Impak dan Keretakan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Sumatera Utara, Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155

ABSTRAK

Penelitian ini menyajikan tentang pengujian yang akan dilakukan dengan menggunakan pendekatan metode elemen hingga dengan spesimen yang berbentuk pelat komposit glass fiber reinforced plastic (GFRP) untuk mengetahui nilai ketangguhan retak dinamik disebabkan beban impact, program simulasi ini dibuat dengan menggunakan soft ware MSC MSC/NASTRAN for Windows dengan sub program FEMAP dengan pembebanan dinamik. Untuk menyederhanakan pada proses simulasi, spesimen digambarkan setengah geometri karena bentuknya yang simetri, demikian pula dalam membuat mesh dapat diatur dengan memperkecil ukuran mesh (*fine mesh*) pada daerah sekitar ujung retak. Pada pengujian ini beban impact diperoleh dari tegangan yang masuk ke spesimen dengan terlebih dahulu harus mengetahui diameter input bar dan tebal spesimen. Melalui simulasi ini juga akan diketahui propagasi tegangan yang terjadi, proses simulasi dimulai dengan mendefinisikan sifat material, membuat geometri dan pengaturan mesh, menentukan kondisi batas, memberi beban serta melakukan analisa dinamis dengan type analisis adalah *transient dynamic/time* dan type output *displacement and stress*. Hasil simulasi elemen hingga menunjukkan distribusi tegangan sama dengan hasil eksperimen dan harga ketangguhan retak dinamik. Adanya perbedaan besar tegangan adalah disebabkan konsentrasi tegangan yang terjadi pada ujung retak (*pre crack*)

Kata kunci: Ketangguhan retak dinamik, GFRP, beban impact, faktor intensitas tegangan kritis.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan bidang konstruksi dalam dunia industri terhadap kebutuhan material teknik semakin meningkat dewasa ini. Hal ini terlihat dengan meningkatnya permintaan terhadap bahan-bahan teknik yang tergolong memiliki kualitas yang lebih tinggi, misalnya; dalam hal kemampuan (sifat-sifat mekaniknya), harganya lebih murah dan banyak dijual di pasaran. Dalam pengembangan teknologi dan proses seperti; bidang konstruksi, produksi atau manufaktur sangat erat hubungannya dengan sifat-sifat mekanik yang dimiliki oleh suatu material, khususnya dalam bidang teknik material yang semakin hari semakin sulit dipenuhi oleh bahan-bahan yang ada selama ini.

Guna menjawab tantangan disebabkan dampak dari suatu kemajuan teknologi material yang telah banyak digunakan sebagai bahan dasar dari berbagai sektor industri, maka penulis cenderung untuk melakukan penelitian lanjutan yaitu tentang jenis material komposit polimer

yang akan digunakan sebagai bahan dasar untuk pembuatan suatu produk (helmet industri) menggunakan pendekatan elemen hingga.

Penyelidikan dan pengujian terhadap kehandalan dan kekuatan helmet telah dilakukan oleh beberapa peneliti dan balai pengujian yang mengkaji beberapa aspek yang berbeda, Thomson, R.D, [1] melakukan penyelidikan tentang kekuatan dan ketahanan helm industri terhadap beban transversal, yang mana penelitian tersebut menghasilkan beban transversal cenderung lebih mempengaruhi kontur/bentuk helmet industri.

Penelitian helm industri juga telah dilakukan secara simulasi komputer dengan menggunakan pendekatan elemen hingga oleh Nayan [2], dengan menyelidiki perilaku yang terjadi pada helm disebabkan benda jatuh dari ketinggian 40 meter. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa tulangan sangat mempengaruhi konsentrasi tegangan. Penyelidikan dan pengujian tentang cedera pada kepala dan otak yang

didisebabkan oleh beban impak kecepatan rendah telah dilaporkan oleh para peneliti pada bidang *Biomechanics* atau *Bioengineering*.

Helmet industri yang terbuat dari bahan polimer *Ethylene Propylene Copolymer* (EPM) yang mengalami perilaku mekanik yang berbeda antara pembebanan impak kecepatan rendah dan impak kecepatan tinggi. Besar kecilnya beban impak yang diterima helmet tergantung pada tinggi rendahnya suatu benda yang jatuh.

Helmet yang banyak digunakan dikalangan industri Indonesia umumnya masih belum memenuhi syarat keselamatan kerja, artinya helmet tersebut tidak menjamin sipemakai akan aman dari benda jatuh bebas dari ketinggian tertentu.

Ditinjau dari segi kekuatannya masih belum mampu atau tahan terhadap benturan benda keras, sehingga mengakibatkan terjadinya cedera kepala,[3]. Syam, B, [4] melakukan penelitian tentang ketangguhan retak dinamik dan kerusakan mekanik GFRP untuk faktor intensitas tegangan.

Selain itu juga tingkat kenyamanan suatu helmet industri perlu menjadi perhatian yang spesifik, ini disebabkan pemakaian helmet yang relatif lama oleh para pekerja. Sehingga perlu kenyamanan, dalam hal ini tidak terasa panas, tidak berat yang mengakibatkan ketidakbetahan si pemakai,[5].

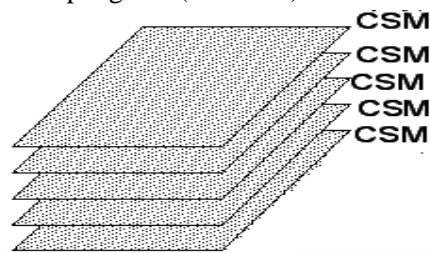
2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang digunakan untuk uji material dari bahan komposit polimer terdiri dari dua atau lebih bahan campuran seperti:

Material penyusun pelat komposit GFRP adalah:

- a. Bahan matriks adalah *Unsaturated Polyester Resin* BQTN 157-EX
- b. Bahan serat serat E-glass sebagai penguat.

- c. Bahan pengeras (hardener) atau katalis.



Gambar 1. Gambar susunan serat pada pelat GFRP lima lapis.

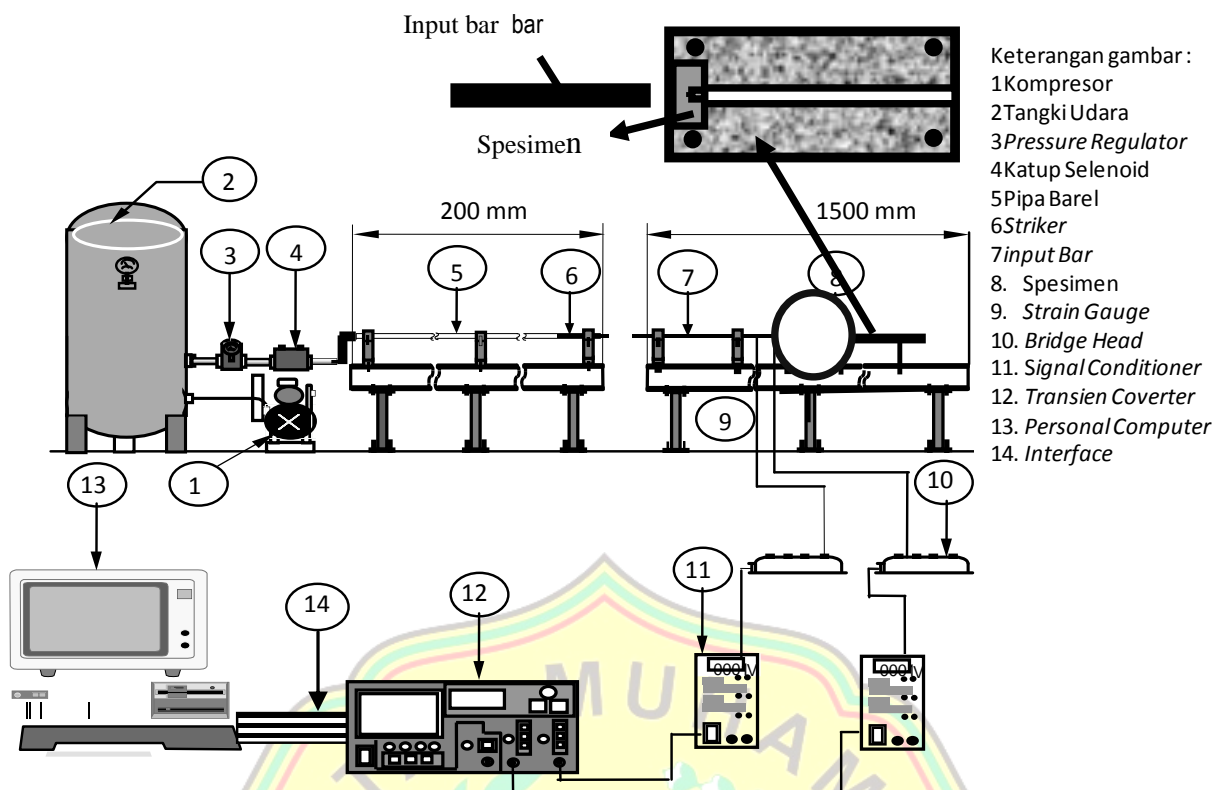
Spesimen dibuat dalam bentuk pelat komposit GFRP diproduksi dengan metode *hand lay-up*, yang terdiri dari lima lapisan serat *Chopped Strand Mat* (CSM) seperti pada gambar 1.

Prosedur Pelaksanaan Penelitian

A. Penelitian secara eksperimental

Alat uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah *KOMPAK* seperti yang diperlihatkan pada gambar 3. Susunan batang pengujian terdiri atas striker, input bar dan pelat. Sifat mekanik dan geometri batang impak dan batang penerus ditunjukkan pada tabel 1. Beban impak yang menghantam striker dihasilkan oleh udara yang bertekanan, hingga akhirnya gelombang tegangan tekan masuk kespesimen pelat. Gelombang yang merambat pada batang dideteksi dengan menggunakan *semiconductor strain gage* yang dipasang pada dua lokasi pada jarak 200 mm dan 400 mm dari ujung batang penerus. Selanjutnya dengan bantuan *bridge box*, perubahan tahanan gage $\Delta R/R$ diubah menjadi voltase output V_o pada *transient converter*, melalui *signal conditioner*.

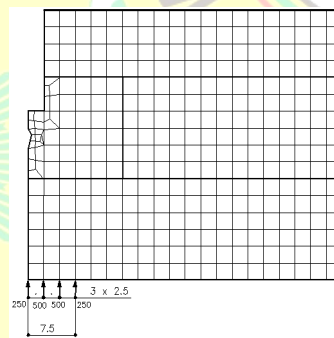
Data gital direkam *transient converter* selanjutnya dikirim ke komputer melalui *interface* dua *channel*. Hasilnya dapat dimunculkan berupa grafik tegangan fungsi waktu (*strees history*). Perhitungan tegangan insiden pada lokasi impak (permukaan spesimen pelat dan input bar) didasarkan pada sebuah teori rambatan gelombang elastis satu dimensi.



Gambar 2. Setup alat uji

B. Penelitian Secara Simulasi Komputer

Simulasi dengan menggunakan komputer dilaksanakan di IC-ATAR USU. Software yang digunakan adalah MSC/NASTRAN for Windows yang berbasis metode Elemen Hingga (MEH). MSC/NASTRAN mampu menyelesaikan persoalan-persoalan struktur dan material untuk menganalisa tegangan (*stress*), perpindahan panas (*heat transfer*) dan (*vibration*) dengan mengimpor geometri CAD (*Computer Aided Design*). Kajian numerik yang umum digunakan dilakukan dengan dua cara yaitu dengan beda hingga dan elemen hingga. Beda hingga (*finite difference*) dilakukan dengan mendiskretisasikan persamaan diferensial. Metode ini memiliki kelemahan utama yaitu syarat-syarat batasnya sangat sulit dipenuhi. Dan kelemahan yang lain adalah akurasi hasil perhitungannya yang relatif rendah. Kajian elemen hingga adalah analisi pendekatan yang berasumsi peralihan atau asumsi tegangan atau berdasarkan kombinasi keduanya pada setiap elemennya. Simulasi komputer untuk mengklarifikasi perilaku mekanik yang terjadi disebabkan pengujian secara experimental.



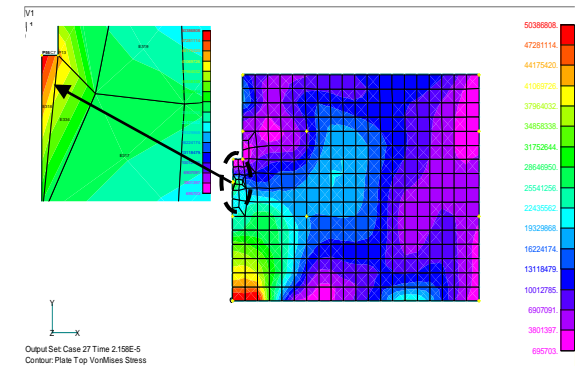
Gambar 3. Model simulasi dengan MSC/NASTRAN

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

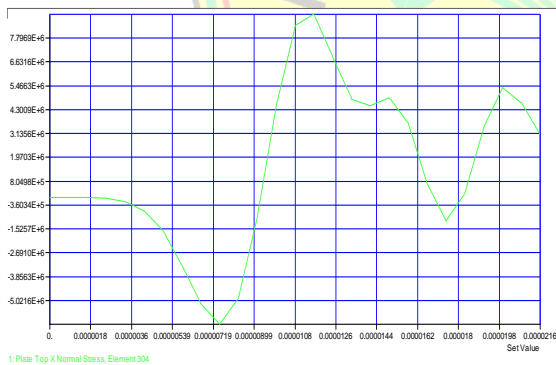
Hasil simulasi yang telah dianalisa dengan type analisis adalah *transient dynamic/time* dan type output *displacement and stress* dapat ditunjukkan pada gambar 4 pada kontur tegangan utama (*VonMises*) gaya sebesar 1500 KN, tegangan yang terbesar terjadi didaerah yang kritis yaitu diujung retak (*pre crack*) yang berwarna merah ditunjukkan dengan tanda panah tegangan utama yang terjadi sebesar 50 MPa dan terdapat pada elemen 318 (case 27, $t = 21,58 \mu s$).

Didaerah ini spesimen mengalami kegagalan, karena tegangan yang terjadi tidak boleh

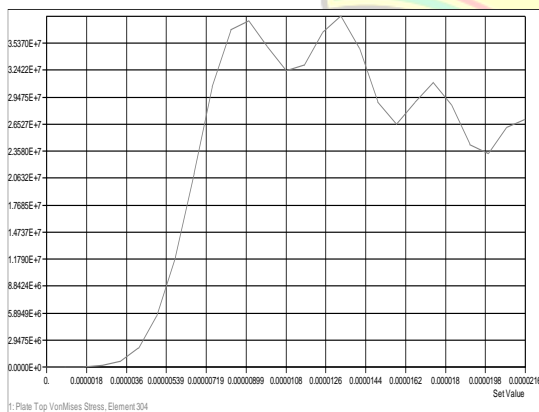
melebihi dari batas maksimum tegangan yang diizinkan diujung retak (*pre crack*), seperti yang diungkapkan oleh Joseph e. Shigley Larry D. Mitchell, tentang teori kegagalan (*Failure Theories*).



Gambar 4 Distribusi tegangan utama (MPa)



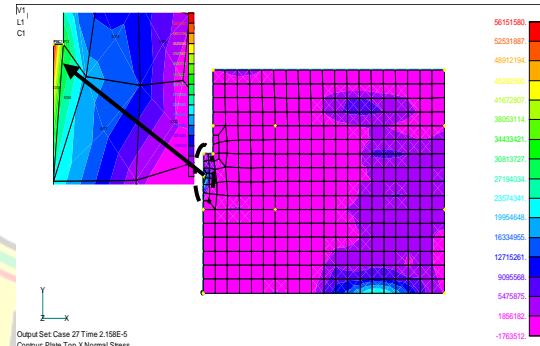
Gambar 5. Grafik tegangan utama (MPa) vs waktu (µs) arah x



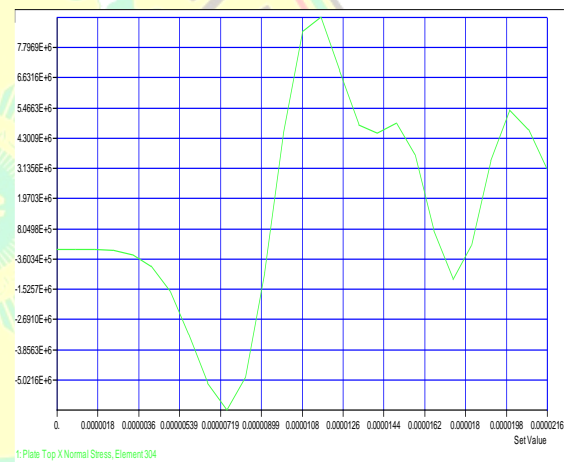
Gambar 6. Grafik tegangan vs waktu

Gambar 6. menunjukkan grafik tegangan utama vs waktu yang terjadi diujung retak (*pre crack*). Pada gambar 7 dijelaskan distribusi tegangan normal arah σ_x yang terjadi sebesar 56 MPa dan grafik tegangan utama vs waktu arah σ_x yang

ditunjukkan pada gambar 8

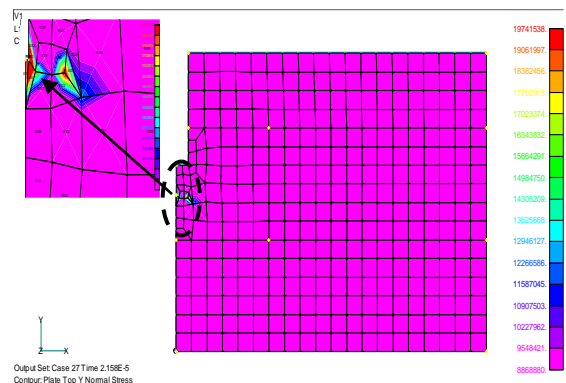


Gambar 7 Distribusi tegangan utama (MPa) arah x

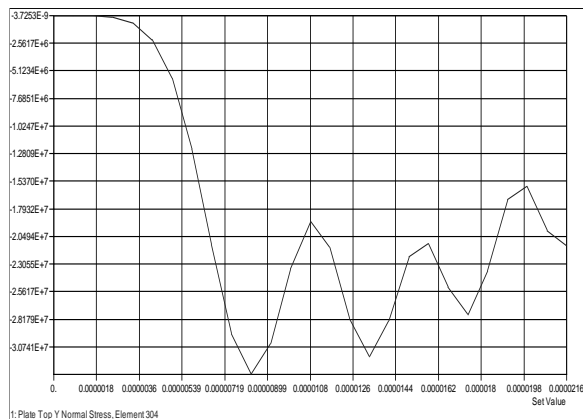


Gambar 8. Grafik distribusi tegangan utama (MPa) vs waktu (µs) arah x

Gambar 9 menunjukkan tegangan normal arah σ_y , tegangan normal terjadi sebesar 19 MPa dan gambar 10 menunjukkan grafik tegangan utama vs waktu arah σ_y dengan waktu, tegangan dan elemen yang sama dengan gambar 5



Gambar 9. Distribusi tegangan utama (MPa) arah y



Gambar 10. Distribusi tegangan utama (MPa) vs waktu(μs) arah y

Bila diamati dari ketiga grafik tersebut, tegangan terbesar terjadi pada arah sumbu σ_x karena gaya terpusat pada arah x. Dilihat pada waktu dan elemen yang sama maka dapat diambil kesimpulan, bahwa spesimen mengalami kegagalan apabila melebihi batas maksimum tegangan yang diizinkan diujung retak (*pre crack*) yang dikenai beban impact.

Ketangguhan Retak Dinamik

Ketangguhan retak dinamik sebagaimana dijelaskan pada artikel terdahulu [2], merupakan perilaku mekanik yang harus diketahui untuk diaplikasi pada konstruksi yang mengalami pembebanan secara tiba-tiba. Informasi harga ketangguhan retak dinamik dapat diperoleh dengan mengetahui terlebih dahulu tegangan yang terjadi di sekitar ujung retak (*crack tipe*).

Dengan mengasumsi perletakkan strain gauge terletak pada elemen 304 akan menghasilkan kontur tegangan utama (*VonMises*) yang terjadi. Dengan menggunakan persamaan 2.2 maka harga ketangguhan retak dinamik dapat ditentukan sebagai berikut;

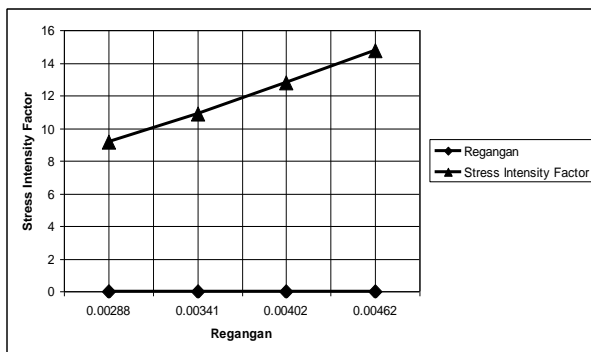
$$\begin{aligned}
 K_{ID} &= \sigma \sqrt{\frac{8}{3} \mu r} \\
 &= 49,25 \sqrt{\frac{8}{3} \pi \cdot 0.007} \\
 &= 11,93 \text{ MPa} \sqrt{m}
 \end{aligned}$$

Pada tabel 2. dapat dilihat, dengan bervariasi beban yang diberikan maka akan menghasilkan tegangan, regangan dan stress intensity critical factor yang bervariasi. Tegangan yang terjadi pada elemen 304 diambil dari nilai rata-rata tertinggi dari tegangan utama (*VonMises*). Dapat diambil kesimpulan makin besar beban yang diberikan makin besar pula tegangan, regangan dan stress intensity critical factornya.

Tabel 2. Harga stress intensity critical factor pada daerah strain gauge

No.	Beban (F) N	Tegangan (σ) MPa	Regangan (ϵ)	Stress intensity critical factor (K_I) MPa \sqrt{m}
1.	1500	38	$2,88 \times 10^{-3}$	9,2
2.	1800	45	$3,4 \times 10^{-3}$	10,9
3.	2100	53	4×10^{-3}	12,8
4.	2400	61	$4,6 \times 10^{-3}$	14,8
	rata-rata	49,25	$3,72 \times 10^{-3}$	11,93

Harga ketangguhan retak dari data hasil simulasi di atas dapat diklarifikasi kembali dengan hasil yang diperoleh secara eksperimen yang telah dilakukan peneliti sebelumnya [6] yaitu sebesar $12 \text{ MPa} \sqrt{m}$, dilihat dari hasil simulasi (tabel 4.1) dengan mengambil nilai rata-rata stress intensity critical factor dan tegangan yang terjadi, diperoleh sebesar $11,93 \text{ MPa} \sqrt{m}$. Karena untuk memperoleh nilai stress intensity critical factor pada simulasi belum bisa dianalisa secara tepat karena adanya perbedaan asumsi yang diambil dengan Kondisi yang sebenarnya. Dan hasil ketangguhan retak dinamik dari uji simulasi ini, juga dapat dibandingkan dengan hasil uji statik, yaitu sebesar $10 \text{ MPa} \sqrt{m}$. Pada grafik regangan vs stress intensity critical factor (K_I) (gambar 4.12) dijelaskan bahwa besarnya regangan menyebabkan stress intensity critical factornya menjadi besar, sehingga regangan mempengaruhi stress intensity critical factor.



Gambar 11. Grafik regangan vs stress intensity critical factor

Hasil simulasi elemen hingga menunjukkan distribusi tegangan sama dengan hasil eksperimen dimana distribusi tegangan yang terjadi pada eksperimen 50 MPa dengan ketangguhan retak dinamik $12 \text{ MPa}\sqrt{m}$, pada simulasi 49,25 MPa dengan harga ketangguhan retak dinamik $11,93 \text{ MPa}\sqrt{m}$. Adanya perbedaan besar tegangan adalah disebabkan konsentrasi tegangan yang terjadi pada ujung retak (*pre crack*), dengan demikian cara simulasi juga memberikan tingkat akurasi yang tinggi. Dari perbandingan di atas juga dapat dijelaskan bahwa ketangguhan retak dinamik akan memberikan respon yang berbeda dengan ketangguhan retak melalui uji statik, di mana harga ketangguhan retak statik lebih rendah dari ketangguhan retak dinamik.

4. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi pelat GFRP dengan menggunakan perangkat lunak MSC/NASTRAN for windows dapat disimpulkan bahwa:

1. Dengan menggunakan simulasi elemen hingga dapat diketahui distribusi tegangan pada sebuah pelat dari bahan GFRP yang diberi beban impact sebesar 49,25 MPa sedangkan pada eksperimental 50 MPa.
2. Inisiasi keretakan terjadi disebabkan terkonsentrasinya tegangan tarik pada lokasi tertentu didalam pelat, dan bentuk retak ditentukan oleh geometri, arah, dan besarnya pembebanan.
3. Faktor intensitas tegangan kritis untuk Material komposit GFRP dengan menggunakan simulasi elemen hingga

MSC/NASTRAN for Windows diperoleh sebesar $11,93 \text{ MPa}\sqrt{m}$, pada eksperimental $12 \text{ MPa}\sqrt{m}$.

4. Ketangguhan retak (*fracture toughness*) diperoleh bila harga intensitas tegangan mencapai harga kritis.
5. Simulasi mampu memperkirakan perkembangan retak.

5. DAFTAR PUSTAKA

- UU. K3, no.1 Tahun 1970
- Industrial Safety Equipment Association, 1901 North Moore Street, Suite 808 Arlington, Virginia 22209.
- Thomson, R.D., S.P. Duckworth, A.Birkbeck, and M.T.Cassidy, The Performance of Industrial Safety Helmets Under Transverse Loading, Technology, Law and Insurance, 1997 2, 1-6.
- Nayan, A., Bustami Syam, Penyelidikan Perilaku Mekanik Helmet Industri Disebabkan Beban Kecepatan Tinggi, Prosiding Seminar Material dan Struktur (MASTRUCT), Medan, Januari, 2004
- Yu T., J. Wu, and X. Chen, A Survey on the Usage of Hard Hats in Hong Kong Construction Sites, and a Study on the Protections of Safety Helmets, March 1999, <http://www.osche.org.hk>
- Syam B, Dynamic Fracture Toughness and Damage Mechanisms Of GFRP Subjected to Short Pulse Stress Intensity.
- Hasrin, Bustami Syam, Pabrikasi dan Ergonomik Helmet Indutri, tesis 2007
- Gibson, R.F, Principles of Composite Material Mechanics, Mc Graw Hill, New York, 1994.
- Fried, R, Joel, Polymer science and Technology, University of Cincinnati, Prentice Hall, New Jersey, USA, 1995
- Syam B, Kouji Nakazato, and Hiroomi Homma, Dynamic Fracture Toughness and Damage Mechanicisms of GFRP Subjected to Short Pulse Stress Intensity, Proc. 3rd Internasional Symposium on Impact Engineering, Singapore, pp 172-177, 1999.

- Syam B, Simulasi elemen hingga pada pelat yang mengalami beban impact
- Syam B, Nayan, A., Klarifikasi Retak Pelat Plaster Disebabkan Beban Impact Menggunakan MSC/Nastran, Proceeding, Regional Seminar on Numerical Analysis in Engeneering (NAE), 99
- Shirley SL, Hiroomi HOMMA, Approach to Dynamic Fracture Toughness of GFRP from Aspect of Viscoelastic and Debonding Behaviors, Vol. 1, No. 3, 2007.
- Chawla, Krishan, Composite Material, First Edition, Berlin Spring-Verlag, New York Inc, 1987
- Warner, B, Steve, Fiber Science, University of Massachusetts, Prentice Hall, New Jersey, USA, 1995.
- Fried, R, Joel, Polymer science and Technology, University of Cincinnati, Prentice Hall, New Jersey, USA, 1995
- T.L. Anderson, Fracure Mechanics Fundamentals and Applications
- Dailly, James W, Instrumentation for Engineering Measurement, Second Edition, New York, Jhon Willey & Son, Inc, 1993
- Richard W. Hertzbergl, Deformation and Fracture Mechanics of Engineering Material
- Kolsky, H, An Investigation of the Mechanical Properties of Materials at Very High-Rate of Loading, Proc. Phys. Soc, London, B62, 676-700, 1949.
- Joseph E. Shigley and Mitchell, Larry.D, (1999), "Mechanical Engineering Design", Edisi ke empat, Jilid 1, Terjemahan Ir.Gandhi Harahap M.Eng. Erlangga, Jakarta.
- Syam B, Aplikasi Teknik Dua Gage Dalam Pengukuran Tegangan Indisinden Pada Helmet Industri yang Dikenai Beban Impact Kecepatan Tinggi, Journal Ilmiah SINTEK, Vol 19, no.2, 2003.
- SME Standard Method of Test for Elastic-Plastic Fracture Toughness J_{IC} -S001-1981, JSME, 1981.
- Timing, R.L, Engineering Material, Vol 1, 2nd edition, UK, 1998
- Takayuki KUSAKA, Experimental Characterization of Interlaminar Fracture Behavior in Polymer Matrix Composites under Low-Velocity, JSME International Jounal Vol. 46, No. 3, 2003.
- Luisa Moreno, Impact Fracture Toughness of Polyethylene/Polypropylene Multilayers, Polymer Engineering And Science, September 2004, Vol.44, No.9.
- Masaki HOJO, Taketoshi YAMAO, Effect of Interface Control on Mode I Interlaminar Fracture Toughness of Woven C/C Composite Laminates. JSME, International Journal, Vol. 44, 2001.

HUBUNGAN KARAKTERISTIK SEDIMEN DASAR TERHADAP KANDUNGAN MERKURI AKIBAT PERTAMBANGAN EMAS TANPA IJIN (PETI) PONGKOR - KAB. BOGOR

Hasmalina Nst, Gunawan Pratama Yoga, Latifah K. Darusman

Jurusan Kimia UMRI
Peneliti LIPI
Jurusan Kimia IPB

ABSTRAK

Aktivitas ekstraksi bijih emas dengan gelundungan yang menggunakan merkuri oleh Pertambangan Emas Tanpa Ijin (PETI) Pongkor di Sungai Cikaniki, Kab. Bogor telah menimbulkan dampak yang negatif terhadap ekosistem air tawar, akibat pembuangan limbah tailing merkuri secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu ke lingkungan perairan sehingga mengakibatkan pencemaran air dan sedimen. Kandungan Merkuri total yang terlarut dalam sampel air sungai dan sedimen dianalisa dengan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS), karakteristik sedimen dasar dilakukan dengan ayakan bertingkat, sedangkan hubungan kadar merkuri dengan karakteristik fraksi penyusun sedimen ditentukan dengan analisis korelasi. Hasil pengukuran kandungan merkuri dalam air sungai keempat lokasi *sampling* rata-rata berkisar ttd-0,265 ppm; dalam sedimen berkisar <0,0002-196 ppm dan karakteristik sedimen sungai Cikaniki rata-rata keempat lokasi terdiri dari pasir 73,9%; lumpur 4,8% ; liat 21,3%. Analisis korelasi menunjukkan adanya hubungan yang positif yang sangat erat antara fraksi halus (lumpur dan fraksi liat) sedimen dengan kadar merkuri dengan nilai koefisien korelasi (r) bulan Juni dan September berkisar antara 0.766 – 0.860, sebaliknya korelasi yang negatif antara fraksi kasar (pasir) sedimen dan kadar merkuri dengan nilai koefisien korelasi (r) bulan Juni dan Spetember berkisar antara -0.239 - -0.045.

1. PENDAHULUAN

Pertambangan Emas Tanpa Ijin (PETI) adalah usaha pertambangan emas yang dilakukan oleh perseorangan, sekelompok orang, atau yayasan/perusahaan berbadan hukum yang dalam operasinya tidak memiliki izin dari instansi pemerintah pusat atau daerah sesuai dengan peraturan perundang-undangan. Aktivitas PETI umumnya menggunakan merkuri (air raksa/kuik) pada proses pengolahan biji emas.

Penggunaan merkuri untuk kegiatan PETI Pongkor tidak mengikuti peraturan yang ada (Peraturan Pertambangan dan Energi No.01.P/76.M.PE/1991 dan Keputusan Dir/Jen POM Departemen Kesehatan RI No. HK.00.06.6.02818, tentang kesehatan kerja pada penggunaan, penyimpanan dan penanganan air raksa dalam usaha pertambangan bahan galian emas), karena masyarakat tidak tahu menahu tentang peraturan tetapi tahu bagaimana menambang emas dengan menggunakan merkuri. Jumlah merkuri yang digunakan dalam proses pengolahan dengan alat pemrosesan yang disebut gelundungan berkisar 0,5-1 kg untuk satu

gelundungan yang berukuran 8-12 kg. Berdasarkan data dari Pemerintah Daerah Kabupaten Bogor tercatat lebih kurang 600 orang PETI pertahun. Menurut Halimah (2002) untuk lebih 900 lebih gelundungan digunakan merkuri 16,2 ton/bulan, dengan proses pengolahan yang sangat sederhana diperkirakan jumlah limbah merkuri yang terbuang langsung ke sungai Pongkor sebagai sisa proses adalah $30\% \times 16,2 \text{ ton} = 4,86 \text{ ton/bulan}$.

Limbah merkuri adalah salah satu limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Merkuri dan turunannya tergolong sangat beracun dan bersifat akumulatif dan dapat menyebabkan keracunan akut dan kronis (Palar, 2004). Pencemaran merkuri memiliki pengaruh terhadap ekosistem disebabkan sifatnya yang stabil dalam sedimen dan sedimen mempunyai kapasitas yang besar untuk mengikat/mengakumulasi zat pencemar berupa logam berat dibandingkan air sungai. Pengikatan terjadi melalui proses pertukaran kation dari tanah dan sedimen dengan kation yang terikat oleh anion seperti klorida, sulfat dan karbonat yang umumnya terdapat dalam tanah

atau sedimen. Kelarutan merkuri yang rendah dalam air, kemudahannya diserap dan terikat oleh senyawa organik dan anorganik, terkumpul dalam jaringan tubuh organisme air juga menjadi salah satu faktor semakin tingginya kandungan merkuri pada sedimen (Wang, S.X., *et.al.* 2003).

Berdasarkan pertimbangan diatas maka penulis tertarik untuk menentukan tingkat pencemaran merkuri pada air sungai dan sedimen dasar serta menganalisa bagaimana korelasi jenis fraksi yang terdapat pada sedimen dengan kadar merkuri yang dikandungnya.

2. METODE PENELITIAN

1. Sampel

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah air dan sedimen dari sungai Cikaniki Pongkor, Penentuan lokasi sampling dilakukan dengan cara *purposive sampling* atau *judgement*, yang diambil dari empat lokasi sampling yaitu satu lokasi kontrol (Hulu Sungai) dan tiga lokasi adalah badan sungai yang banyak terdapat aktivitas PETI.

2. Metode Analisa Kadar merkuri yang digunakan adalah metode Spektroskopi Serapan Atom (SSA) dan karakteristik sedimen dasar dilakukan dengan ayakan bertingkat.

3. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas, timbangan analitik, Spektroskopi Serapan Atom (SSA) merek HITACHI model 180-60/80, Z-6000/Z-8000 dan Z-6100/Z-8100, water sampler, ekman grab, skop polipropilen, seperangkat alat destruksi sedimen.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan-bahan kimia untuk sampling dan analisa air & sedimen, larutan standar logam Hg, HNO₃ pekat, aquades.

4. Prosedur Penelitian

a. Pengambilan dan Penanganan Sampel

Sampel air dan sedimen diambil di sungai Cikaniki Pongkor yang tercemar oleh merkuri akibat aktivitas PETI. Sampel air dan sedimen diambil pada empat lokasi di badan sungai. Sampel air diambil dengan water sampler

yang berkapasitas 1,20 liter, sedangkan sedimen diambil sampai ketebalan 6-10 cm dari permukaan zona deposit sedimen dengan menggunakan Ekman Grab dan Skop dari polipropilen dan dikumpulkan dalam plastik polietilen. Sampel air untuk analisa dengan AAS diawetkan dengan menggunakan asam nitrat pekat. Sampel sedimen disimpan pada suhu 4°C.

b. Pengukuran Kadar Merkuri pada Air dan Sedimen

Kadar total merkuri didalam sederet larutan kerja yang dibuat dari larutan standar logam Merkuri, sampel air dan sedimen yang telah didestruksi diukur dengan menggunakan spektroskopi serapan atom (AAS).

c. Penentuan Karakteristik Sedimen Dasar

Karakteristik atau distribusi fraksi penyusun sedimen ditentukan dengan menggunakan ayakan bertingkat. Masing-masing hasil pengayakkan ditimbang dengan timbangan analitik dan dihitung persentasenya.

d. Analisis Data

Data kadar merkuri dalam sampel air, sedimen, dan karakteristik sedimen dasar disajikan dalam bentuk grafik batang. Sedangkan hubungan antara kadar merkuri dengan fraksi sedimen disajikan dalam bentuk grafik garis dengan dua sumbu Y dan dianalisa korelasinya dengan mencari nilai koefisien korelasi (r).

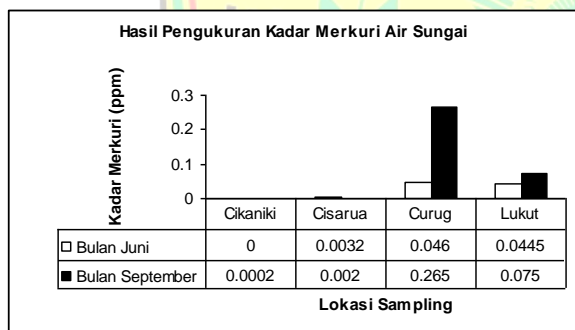
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktifitas Penambangan Emas Tanpa Ijin (PETI) di sungai Cikaniki Pongkor, Kabupaten Bogor telah dilakukan sejak tahun 1991, hingga saat ini aktifitas PETI berlangsung terus tanpa memperdulikan dampak negatif terhadap lingkungan sekitarnya terutama terjadinya pencemaran merkuri terhadap air, sedimen maupun biota air pada badan sungai. Sedimen memiliki kemampuan mengakumulasi kontaminan/zat pencemar dan bertindak sebagai sumber pencemar bagi ekosistem. Senyawa patogen, nutrien, logam-logam dan senyawa organik kimia cenderung terabsorpsi oleh bahan-bahan organik dan anorganik yang akhirnya

menetap dan mengendap pada daerah sedimentasi (Chapman, *et.al.* 1998).

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah air dan sedimen yang diambil dari empat lokasi sampling yaitu S1 = Cikaniki Hulu, S2 = Cisarua, S3 = Curug Bitung dan S4 = Lukut di sepanjang sungai Cikaniki Pongkor, Kab. Bogor.

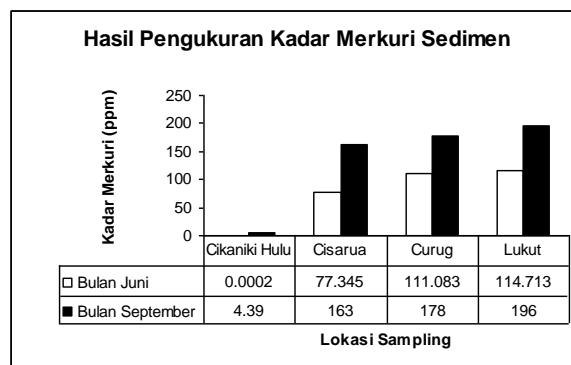
Hasil pengukuran kadar merkuri pada sampel air pada setiap lokasi pengamatan berkisar antara ttd-0.046 ppm untuk bulan juni dan <0.0002-0.265 ppm untuk bulan September (Gambar 1). Rendahnya kadar merkuri pada bulan september dibandingkan bulan juni, diduga karena perbedaan waktu dan musim, bulan September cenderung berada pada musim hujan sehingga terjadi proses pengenceran. Kandungan logam berat dalam perairan yang melebihi batas untuk menjamin kehidupan biota air yang layak, akan berpengaruh buruk terhadap proses-proses biologi. Apabila ditinjau dari kadar merkuri saja dalam air, maka air sungai Cikaniki tidak layak digunakan untuk keperluan rumah tangga, karena kadar maksimum yang diperbolehkan bagi peruntukannya menurut PP No. 82/th 2001 sebesar 0.001 mg/l.



Gambar 1. Hasil Pengukuran kadar Merkuri Air Sungai

Hasil pengukuran kadar merkuri pada sampel sedimen yang berasal dari keempat lokasi berkisar antara <0.0002-163 ppm untuk bulan Juni dan 4.39-196 ppm untuk bulan September (Gambar 2). Dari grafik terlihat bahwa kadar terendah pengamatan bulan Juni dan September pada stasiun 1 (Cikaniki Hulu) dan tertinggi pada stasiun 4 (Lukut), hal ini karena sifat dari merkuri yang memiliki berat molekul dan berat jenis yang lebih besar dari air sehingga akibat adanya arus

akan terbawa bersama partikel sedimen yang halus dan mengendap dibagian hilir sehingga terjadi akumulasi yang lebih besar dibandingkan stasiun sebelumnya.

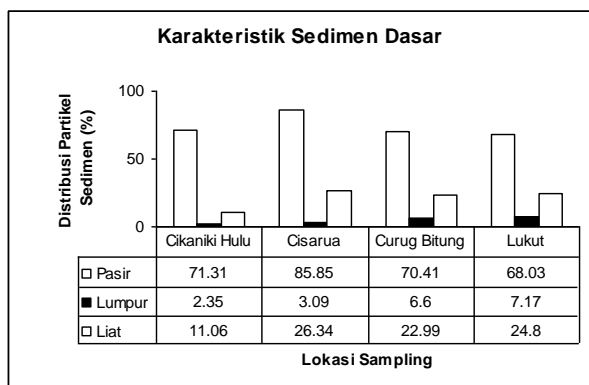


Gambar 2. Hasil Pengukuran Kadar merkuri pada Sedimen

Kadar merkuri yang terdapat di dalam sampel sedimen terlihat jauh lebih besar dari sampel air sungai. Hal ini karena merkuri yang sukar larut dalam air namun cenderung mudah terikat pada padatan tersuspensi dan mengendap ke dasar perairan dna bersatu dengan sedimen.

Dalam air sungai terdapat bagian koloid yang berasal dari bebatuan terkikis dan bagian tanah halus yang tersuspensi. Partikel-partikel ini mempunyai kemampuan besar untuk mengadsorpsi ion-ion logam berat. Logam berat yang terdapat dalam air sungai bersama-sama dengan partikel padat akan mengendap membentuk sedimen. Logam berat yang masuk ke perairan akan mengalami pengendapan, pengenceran dan disperse, kemudian dapat diabsorpsi dan diadsorpsi oleh organisme yang hidup di dasar perairan tersebut (Connell & Miller, 1995).

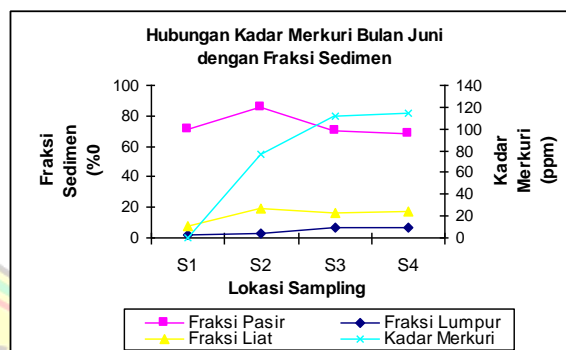
Hasil Penentuan karakteristik fraksi sedimen menunjukkan bahwa fraksi pasir merupakan jenis substrat sedimen yang dominan di seluruh lokasi sampling di sungai Cikaniki Pongkor. Sebaran fraksi pasir, lumpur dan liat disetiap lokasi sampling dapat dilihat pada Gambar 3.



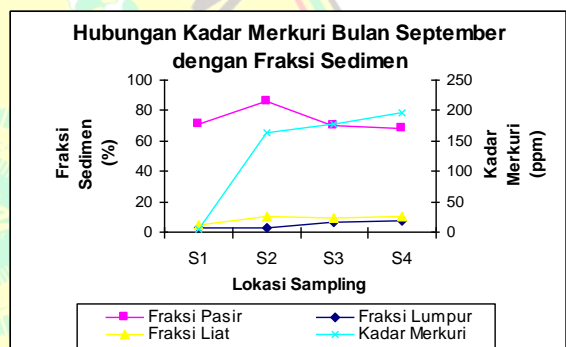
Gambar 3. Hasil Pengukuran Karakteristik Sedimen Dasar

Jenis Substrat di perairan sangat penting diketahui karena sifat logam berat yang memiliki kecenderungan untuk terikat pada fraksi sedimen yang halus dan merupakan faktor pembatas bagi penyebaran organisme di dasar perairan tersebut (Wang, *et. Al.*, 2003). Jenis Substrat ini erat kaitannya dengan kandungan oksigen dan ketersediaan nutrient dalam sedimen. Pada Jenis substrat berpasir, kandungan oksigen relatif lebih besar dibandingkan dengan substrat yang halus, karena pada substrat berpasir terdapat pori udara yang memungkinkan terjadinya pencampuran yang lebih intensif dengan air di atasnya. Arus yang kuat tidak hanya menghanyutkan partikel sedimen yang berukuran kecil saja, tetapi juga menghanyutkan nutrien. Sebaliknya pada substrat yang halus, oksigen tidak begitu banyak, tetapi biasanya nutrien tersedia cukup besar, sehingga jenis substrat ini yang disukai oleh makroinvertebrata di dasar perairan. Hal ini juga merupakan masalah apabila terjadi kontaminasi yang besar dari logam berat yang memiliki berat jenis yang lebih besra dari air cenderung mengendap ke substrat sedimen yang halus (McDowell dan O'Connor, 1977 dalam Harymurthy, 2001).

Pada penelitian ini terdapat kecenderungan pengikatan logam berat merkuri yang lebih tinggi pada fraksi sedimen yang halus daripada fraksi sedimen yang kasar, hal ini dapat kita amati pada gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Grafik Hubungan Kadar Merkuri Bulan Juni dengan Fraksi Sedimen



Gambar 4. Grafik Hubungan Kadar Merkuri Bulan Juni dengan Fraksi Sedimen

Berdasarkan gambar 4 dan 5 dapat diamati pada bulan Juni dan September, lokasi sampling S4 (Lukut) memiliki kandungan fraksi sedimen halus (lumpur) tertinggi yang diikuti oleh kadar merkuri yang lebih tinggi dari lokasi sampling yang lain, begitu juga sebaliknya untuk lokasi sampling S2 (Cisarua) yang memiliki kandungan fraksi sedimen kasar (pasir) tertinggi kandungan logam merkurnya lebih kecil dibandingkan lokasi sampling lain.

Pada penelitian ini, hubungan peningkatan kadar merkuri dalam sedimen dengan karakteristik fraksi penyusun sedimen ditentukan dengan analisis korelasi yang dapat diamati dengan nilai koefisien korelasi (r) antara variabel yang diukur (Tabel 1). Koefisien korelasi adalah pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variable. Besarnya koefisien korelasi berkisar antara +1 s/d -1. Koefisien korelasi

menunjukkan (strength) hubungan linier dan arah hubungan dua variable acak. Jika Koefesien korelasi positif, maka kedua variable mempunyai hubungan searah. Artinya jika nilai variabel X tinggi maka nilai variabel Y akan tinggi pula. Sebaliknya jika korelasi negatif maka kedua variable mempunyai hubungan yang terbalik. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan menjadi rendah (dan sebaliknya). Nilai koefesien korelasi dihitung dengan rumus sebagai berikut (Sudjana, M.A., 1992):

$$r = \frac{n\sum XiY - (\sum Xi)(\sum Yi)}{\sqrt{\{n\sum Xi^2 - (\sum Xi)^2\} \{n\sum Yi^2 - (\sum Yi)^2\}}}$$

Tabel 1. Nilai Koefesien Korelasi antara Kadar Merkuri dengan Karakteristik Fraksi Sedimen (Fraksi Pasir, Lumpur dan Liat)

Jenis Analisis Korelasi	Koefesien Korelasi (r)	
	Bulan Juni	Bulan September
1. Fraksi Pasir dan Kadar Merkuri	-0.239	-0.045
2. Fraksi Lumpur dan Kadar Merkuri	0.860	0.766
3. Fraksi Liat dan Kadar Merkuri	0.785	0.850

4. KESIMPULAN

Penelitian hubungan karakteristik sedimen dasar terhadap kandungan merkuri akibat pertambangan emas tanpa ijin (peti) pongkor - kab. Bogor dapat disimpulkan bahwa bahwa kandungan merkuri telah melewati baku mutu nasional dan internasional, kadar merkuri dalam air sungai bulan juni ttd - 0,046 ppm ; bulan september 0,002 - 0,265 ppm dan sedimen bulan juni <0.0002 - 114,713 ; bulan september 4,39 - 196 ppm.

Karakteristik sedimen dasar sungai Cikaniki rata-rata keempat lokasi *sampling* adalah fraksi pasir 73,9%; lumpur 4,8% ; liat 21,3%.

Analisis korelasi menunjukkan adanya hubungan yang positif yang sangat erat antara

fraksi halus (lumpur dan fraksi liat) sedimen dengan kadar merkuri dengan nilai koefesien korelasi (r) bulan Juni dan September berkisar antara 0.766 – 0.860, sebaliknya korelasi yang negatif antara fraksi kasar (pasir) sedimen dan kadar merkuri dengan nilai koefesien korelasi (r) bulan Juni dan Spetember berkisar antara -0.239 - -0.045.

5. DAFTAR PUSTAKA

Chapman, P.M., Wang, F., Janssen, C., Persoone, G., and Allen, H.E., 1998. Ecotoxicology of Metal in Aquatic Sediment; Binding and Release, bioavailability, Risk Assesment and Remediation. Can. Fish Aquat. Sci. J. 55: 2221-22243

Connell, W.D. dan J.G. Miller, 1995. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran, UI Press, Jakarta

Halimah, S., 2002. Pengkajian Pencemaran Merkuri da Dampak Akumulasinya Akibat Kegiatan Penambangan Emas. Laporan Penelitian Asdep Urusan Sarana Bapedal – Kementrian Lingkungan Hidup. Jakarta

Harymurthy, S., 2001. Tipologi Komunitas Makrozoobentos sebagai Bioindikator Pencemaran Perairan di Muara Sungai Donan Cilacap, Jawa Tengah, Skripsi, Fakultas Perikanan. IPB

Palar, H., 2004. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Cetakan 2. Penerbit PT. Rieneka Cipta. Jakarta

Sudjana, M.A., 1992. Metode Statistika. Edisi ke 5. Penerbit Tarsito. Bandung

Wang, S.X., Zngang, S.Z. dan Shan, X.Q., 2003. Fractionation of heavy metal in different particle size sediments and its relationship with heavy metal pollution. *Environ. Toxicol, J.* 71:873-880

STUDI TEORITIS: STRUKTUR DAN SIFAT POLIFURAN TERSUBSTITUSI SEBAGAI SEMIKONDUKTOR DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM PM3

Lazulva

Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Islam Negeri SUSKA Riau
Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas
Email: lazoelva_1154@yahoo.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk mempelajari struktur dan sifat elektronik dari polimer furan dan turunannya (disubstitusi) dengan jumlah cincin furan $n = 20$ dengan menggunakan program PM3. Substituen yang digunakan dalam penelitian ini berupa atom atau molekul radikal pada posisi ujung. Substituen yang dipelajari adalah fenil (Ph), radikal heksahalobenzena (-Z), radikal pirol (Py) dan tiofen (T). Masukan data awal furan adalah sudut ikatan awal untuk C=C-C = 105° , C=C-H = 120° , H-C-C = 135° , H-C-O = 123.872° , O-C=C = 116° , torsion angle = 0° dan panjang ikatan C=C, C-C = $1,4 \text{ \AA}$, C-O = $1,408 \text{ \AA}$ dan C-H = 1 \AA . Dalam penelitian ini digunakan komputasi secara RHF (*Restrictive Hartree Fock*) dengan pengoptimalan Polak Ribiere. Optimasi dilakukan dengan ketentuan berikut: spin multiplicity = 1; charge = 0; convergence limit = 0,001; iteration limit = 50; dan gradien $0,01 \text{ kCal/mol.\AA}$. Luaran data (dalam keadaan optimal) yang dibutuhkan adalah Binding Energy (BE adalah energi ikatan antar atom-atom dalam molekul), E_{HOMO} (tingkat energi *highest occupied molecular orbital*) dan E_{LUMO} (tingkat energi *lowest occupied molecular orbital*). Sifat penghantar polimer ditentukan dari nilai ΔE atau (E_{gap}). Nilai E_{gap} suatu konduktor, semikonduktor dan isolator berturut-turut adalah $< 1,0 \text{ eV}$; $1,0 - 3,0 \text{ eV}$; dan $> 3 \text{ eV}$. Hasil pengoptimalan struktur turunan polifuran memperlihatkan bahwa seluruh substituen yang digunakan dapat menurunkan nilai band gap (E_{gap}) polifuran. Nilai band gap (E_{gap}) ternyata dipengaruhi oleh jumlah cincin furan yang berikatan membentuk polimer. Penurunan nilai band gap yang signifikan terjadi pada jumlah monomer furan $n = 1$ s.d 10.

1. PENDAHULUAN

Sejak beberapa dekade terakhir, polimer-polimer yang mempunyai ikatan pi terkonjugasi telah dipelajari. Hal ini berkaitan dengan dugaan adanya sifat elektronik dan sifat optik pada senyawa tersebut [1]. Polimer terkonjugasi murni merupakan bahan semikonduktor yang dapat didoping sehingga dapat meningkatkan sifat hantarnya menyerupai sifat hantaran logam, dan tetap mempertahankan sifat mekanik dan prosessibilitas dari polimer. Penggunaan material ini menawarkan ruang lingkup yang cukup luas, diantaranya dalam perlengkapan – perlengkapan elektronik, baterai, dioda emisi cahaya, laser dan sel surya. Dengan demikian seorang peneliti dapat melakukan penelitian dimanapun dia inginkan. Disamping itu peneliti juga dapat mengumpulkan data sebanyak yang ia butuhkan serta mengekstrak informasi berharga dari data yang telah diolah [2].

Sehubungan dengan sifat elektroniknya, banyak ahli menyatakan bahwa polimer-polimer dengan ikatan π terkonjugasi dan mengikat atom-atom belerang dapat difungsikan sebagai bahan semikonduktor atau konduktor. Forni *et al.*, menemukan bahwa sifat-sifat dari oligomer Tiofen dapat dikorelasikan dengan sifat-sifat polimernya [3]. Nabutoki & Koezuka memprediksikan bahwa oligomer-oligomer dengan struktur $X_nY_nX_n$ mungkin untuk dikembangkan sebagai semikonduktor baru, dimana x adalah Tiofen, y adalah pirol dan $n = 3$ [4]. Eka (1999) menyelidiki bahwa oligomer Tiofen mempunyai nilai energi transisi elektronik (E_{gap}) mendekati 3 eV . Sedangkan syarat untuk suatu bahan semi konduktor energi transisi elektroniknya mendekati 1 eV dan untuk sebuah konduktor energi transisi elektroniknya mendekati nol [5]. Diantara sekian banyak polimer dengan ikatan terkonjugasi, polifuran merupakan salah satu material yang sangat

menarik karena ia dapat digunakan sebagai sensor kelembaban. Hal ini disebabkan oleh sifatnya yang sangat sensitif terhadap kelembaban dan sifat tahanan listrik yang menurun dengan dengan cepat serta dapat balik lagi apabila ada kontak dengan udara lembab / embun [6].

Tahun 2004, Angelca *et al.* menyelidiki nukleasi dan mekanisme pembentukan polifuran ditinjau dari pengaruh elektrolit dan jumlah monomer dalam asetonitril. Penelitian ini bertujuan untuk mencari hubungan antara nukleasi dan mekanisme pembentukan polifuran dengan parameter dalam proses polimerisasi yaitu tegangan yang diperlukan, konsentrasi monomer dan media elektrolit yang digunakan [7].

Dalam mengoptimasi geometri monomer dan oligomer-oligomer Furan dengan metoda mekanika kuantum *semiempiric* (guna melihat kaitan struktur dengan sifat elektroniknya) maka panjang dan sudut ikatan yang tepat antara atom-atom penyusunnya perlu ditentukan. Disini diperlukan data X-ray tentang panjang dan sudut ikatan senyawa sebagai pembanding. Akhirnya, dari struktur molekul yang optimal ditentukan sifat elektronik dari monomer dan oligomer-oligomer Furan serta turunannya dalam konformer anti dari geometri optimalnya. Dari sini didapatkan korelasi antara struktur dan sifat elektronik, seperti band gap dan sifat transisi elektroniknya, sehingga dari data tersebut bisa diketahui sifat polifuran ataupun turunannya.

2. METODOLOGI PENELITIAN

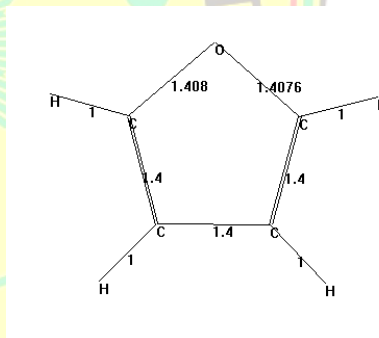
Prosedur kerja terdiri atas tahapan sebagai berikut:

a) Membuat masukan data.

Ada 2 jenis masukan data, yaitu koordinat atom-atom penyusun molekul dan parameter atom. Untuk membuat koordinat atom penyusun molekul, misalnya untuk furan maka langkah yang dilakukan adalah klik menu *build*, pilih *default element*, lalu klik, sehingga muncul kotak dialog *element table*. Dalam kotak dialog tersebut klik unsur C, lalu klik *close* sehingga muncul kembali jendela yang aktif. Kemudian lakukan hal

yang sama untuk mengambil unsur O, H dan unsur-unsur lainnya.

Pada jendela aktif, klik di sembarang tempat, kemudian hubungan masing-masing unsur C dan C, C dan O serta C dan H, sehingga didapatkan bentuk siklik seperti yang diinginkan (Dalam siklik furan tersebut dibiarkan salah satu ikatan C-O putus). Atur panjang ikatan dengan cara klik *select*, klik gambar yaitu pada garis, klik menu *edit*, pilih *set bond length*, sehingga muncul kotak dialog *set bond length*. Isikan panjang ikatan yang diinginkan lalu klik *OK*. Setelah semua sudut dan panjang ikatan sesuai dengan yang diperkirakan sebagai masukan awal, baru ikatan C-O yang terputus tadi dihubungkan. Dan akhirnya didapatkan keadaan awal yang sesuai dengan Gambar 1.



Gambar 1. Geometri awal Atom-atom dalam Furan, panjang dalam Å

Dalam penelitian ini, sudut ikatan awal untuk $C=C-C = 105^\circ$, $C=C-H = 120^\circ$, $H-C-C = 135^\circ$, $H-C-O = 123.872^\circ$, $O-C=C = 116^\circ$, torsion angle = 0° .

b) Memanggil data parameter atom.

Untuk memanggil parameter atom-atom penyusun molekul tahapan yang dilakukan yaitu klik menu *set up*, pilih *semiempirical* dan klik, sehingga muncul kotak dialog *semiempirical method*. Klik *PM3*, lalu klik *options*, pilih metoda *RHF*, masukkan nilai *convergence limit* dan *iteration limit*. Klik *OK*.

c) Mengaktifkan program bekerja.

Untuk mengaktifkan program bekerja: Klik menu *file*, klik *Start log*, sehingga muncul kotak dialog, isikan nama *file log*, dan klik *OK*.

d) Menjalankan program.

Untuk menjalankan program, langkah-langkah di atas sudah harus dilakukan,

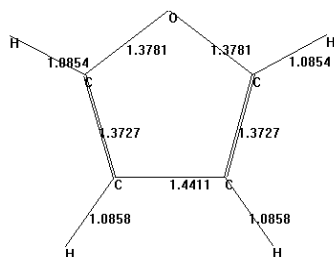
selanjutnya lakukan langkah-langkah berikut klik menu *compute*, klik *geometri optimization* sehingga muncul kotak dialog *semiempirical optimization*, tentukan *RMS gradient* dan *maximum cycles*, Klik OK. Program akan bekerja otomatis, dan jika berhenti bekerja, klik menu *file*, pilih *stop log*. Sehingga didapatkan struktur furan yang telah dioptimasi yang sesuai dengan Gambar 2.

e) Membaca luaran data dalam keadaan optimal.

Ada 2 jenis luaran data: 1. Buka *file log* dengan notepad. Untuk luaran data ini dapat diamati Energi, Momen dipol, Grup simetri, koordinat kartesian, *Atomic electron orbital population*, *net charge*. Buka *file hin* dengan menggunakan hyperChem. Untuk luaran data ini dapat diamati panjang ikatan, sudut ikatan antaratom dan sudut antar bidang HOMO dan LUMO.

f) Pembuatan polimer.

Ambil data furan yang telah dioptimasi dengan cara klik menu *file*, pilih *open* sehingga muncul kotak dialog *open file*. Kemudian ambil menu *file* kembali, pilih *merge* dan klik, sehingga muncul kotak dialog *merge file* dan klik data furan yang kedua. Klik menu *edit*, pilih *rotate* sehingga muncul kotak dialog *rotate*, ketik nilai *angle* 180 untuk konformasi anti. Klik OK. Untuk mengatur *torsion angle* antar furan supaya 180, klik menu *edit*, pilih *translate* sehingga muncul kotak dialog *translate*. Pilih *translate selection, other* dan ketik nilai x dan y. Klik OK. Kemudian dioptimasi sesuai dengan prosedur d.



Gambar 2. Geometri Akhir Atom-atom dalam Furan, panjang dalam Å menurut PM3

Adapun skema prosedur yang dipilih dalam penelitian ini:

- Set up: *semi-empirical method*

- a. Total charge : 0
- b. Spin multiplicity : 1
- c. Convergence limit: 0.001
- d. Iteration limit : 50
- e. Spin pairing : RHF
- f. State : Lowest

- Start log
 - Mechanics print level = 3 ; Quantum print level = 3
- Compute: Geometri optimization
 - a. Algorithm : Polak-Rieve
 - b. RMS gradient of = 0,01 kCal/(mol Å)
- Stop log

Selain data di atas, juga dibutuhkan nilai *Highest Occupied molecular Orbital* (HOMO) dan *Lowest Occupied Molecular Orbital* (LUMO) yang diperoleh dari hasil optimasi molekul polifuran dengan program PM3. Nilai HOMO dan LUMO digunakan untuk menentukan sifat elektronik molekul yang dihubungkan dengan nilai band gap (ΔE). Nilai band gap di cari dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta E = (E_{HOMO}) - (E_{LUMO}) \quad (1)$$

dimana E_{HOMO} adalah energi orbital tertinggi yang berisi elektron, dan E_{LUMO} adalah energi orbital terendah yang tidak terisi elektron. Jika $\Delta E > 3$ eV, molekul bersifat isolator, $\Delta E = 1 - 3$ eV, molekul bersifat semikonduktor dan $\Delta E < 1$ eV, molekul bersifat konduktor. Untuk menentukan seberapa besar ketepatan metoda yang digunakan, maka nilai *overestimate* harus ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut

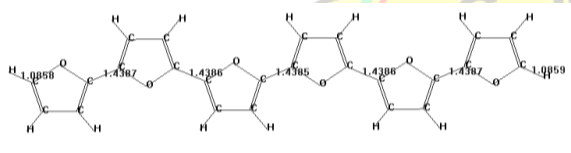
$$Overestimate = (\Delta E_{PM3}) - (\Delta E_{Literatur}) \quad (2)$$

dimana $(\Delta E)_{PM3}$ adalah band gap metoda PM3, $(\Delta E)_{literatur}$ adalah band gap literatur. Sistem yang dipelajari adalah polimer furan (Fu_n , dimana Fu = furan dan n = jumlah cincin furan 1 s/d 20). Monomer furan berikatan satu dengan yang lain melalui atom $C\alpha$ dengan konformasi anti (atom O diletakkan berlawanan yaitu pada posisi $\theta = 180^\circ$). Polimer turunan furan konformasi anti (furan yang atom H posisi $C\alpha$ nya di substitusi

dengan substituen fenil (Ph), radikal heksahalobenzena (-Z), radikal pirol (Py) dan tiofen (T).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Optimasi Polimer Furan. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap pengerjaan, yaitu mengamati perubahan struktur, panjang ikatan, dan sudut ikatan



Gambar 3. Geometri akhir polifuran dengan jumlah cincin furan $n = 6$

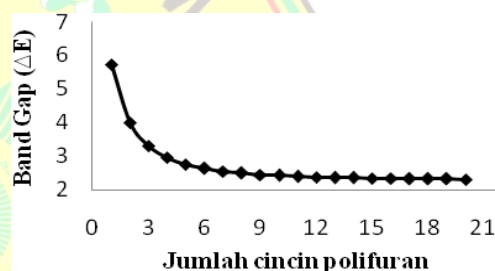
molekul polifuran murni dan turunannya (polifuran dengan substituen tertentu). Kemudian menganalisa data seperti sudut ikatan, panjang ikatan, perubahan nilai energi transisi elektronik (E_{gap}), dan energi ikatan (*Binding Energy*, BE) untuk mendapatkan sifat-sifat elektronik dari polifuran dan turunannya.

Hasil optimasi furan dengan menggunakan program PM3 (Gambar 3) memperlihatkan bahwa dalam kondisi optimal model ini termasuk kedalam grup simetri C_{2v} , C_{2h} dan CS. Menurut Oskuz, grup simetri yang dimiliki oleh oligomer berdasarkan nilai HOMO dan LUMO-nya, dapat dikategorikan ke dalam grup simetri C_{2h} atau C_{2v} tergantung pada jumlah monomernya genap atau ganjil [8].

Dari hasil yang didapatkan terlihat bahwa cincin furan dengan n ganjil mempunyai grup simetri C_{2v} dan cincin furan dengan n genap mempunyai grup simetri C_{2h} . Hal ini sesuai dengan hasil yang dikerjakan oleh Oskuz (2004) dengan jumlah cincin furan $n = 6$. Selain itu jarak ikatan antar monomer furan (Fu) yang telah di optimasi hampir konstan yaitu 1,439 Å [8]. Perbedaan BE substituen antara dua polimer yang berurutan dari polifuran murni berkisar dari -847,991 s.d -848,124 kcal/mol.

Hal ini menunjukkan bahwa dalam proses pembentukan ikatan antar monomer yang berurutan akan mengalami kenaikan energi yang bernilai sama. Pada molekul Fu dengan $n = 1 -$

10 dimana n ganjil mempunyai grup simetri C_{2v} dan n genap mempunyai grup simetri C_{2h} kecuali pada $n = 6$ dan $n = 8$ mempunyai grup simetri CS. Dapat dikatakan bahwa sistem oligomer Fu dengan konformasi anti memiliki geometri planar. Oksuz, juga mendapatkan hasil yang sama dengan mempelajari oligomer poliheterosiklik (furan, tiopen, pirol) dengan jumlah monomer $n = 6$ [8]. Sedangkan untuk $n = 11$ s.d 20 mempunyai grup simetri CS, hal ini menandakan bahwa molekul polifuran dengan $n \geq 10$ kurang planar.



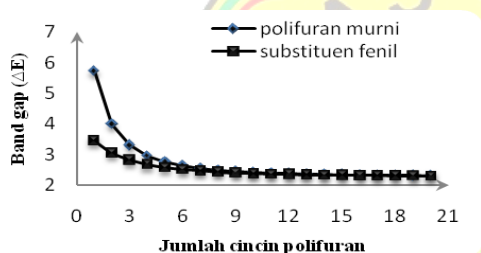
Gambar 4. Kurva korelasi nilai Egap terhadap jumlah cincin polifuran murni

Pada Gambar 4 terlihat bahwa ada hubungan antara jumlah monomer furan dengan nilai band gap (E_{gap}). Semakin banyak jumlah monomer furan maka nilai HOMO dan LUMO semakin turun yang mengakibatkan nilai band gap (E_{gap}) juga semakin turun. Penurunan nilai E_{gap} yang signifikan terjadi pada jumlah monomer $n = 1 - 10$ dengan nilai E_{gap} adalah 6,687 eV. Sedangkan pada $n = 12$ s/d 20 penurunan nilai E_{gap} sangat kecil dan bisa dikatakan relatif konstan. Hal ini disebabkan oleh efek atom oksigen pada cincin furan yang bersifat

menarik elektron sehingga aliran elektron yang berkonjugasi terpengaruh, akibatnya aliran elektron menjadi agak lambat. Nilai E_{gap} 6,687 dijadikan sebagai limit E_{gap} dari molekul polifuran murni karena perubahan nilai E_{gap} untuk jumlah cincin furan $n > 10$ tidak terlalu signifikan.

Optimasi Sistem Ph-Fu_n-Ph atau Fu_n(Ph)₂. Sistem Fu_n(Ph)₂ dengan n ganjil dari cincin furan 1 s.d 10 memiliki grup simetri C_{2v} sedangkan n genap memiliki grup simetri C_1 dan CS. Pada cincin furan dengan $n \geq 10$ sistem Fu_n(Ph)₂ memiliki grup simetri CS. Hal ini menandakan

bahwa molekul kurang planar terutama sekali cincin furan $n \geq 10$. Selain itu juga dapat dilihat nilai BE substuen sistem $Fu_n(Ph)_2$ hampir sama yaitu berkisar 1208,282 – 1208,445 kkal/mol. Nilai BE sistem lebih besar dari BE polifuran murni. Sehingga dalam pembentukan ikatan polimer dengan substituen Ph membutuhkan energi yang besar. Gambar 5 memperlihatkan perubahan E_{gap} dari polifuran cincin 1 s.d 20 dengan dan tanpa substituen fenil. Penambahan substituen fenil dapat menurunkan nilai E_{gap} dari polifuran. Penurunan yang tajam terjadi pada $n = 1$ s.d 6 dan untuk $n \geq 6$ turun perlahan sampai pada limit tertentu. Limit E_{gap} untuk sistem $Fu_n(Ph)_2$ adalah 6,652 eV. Nilai E_{gap} ini lebih rendah dari E_{gap} polifuran murni, hal ini berarti bahwa penambahan substituen fenil cukup efektif untuk menurunkan E_{gap} molekul polifuran.



Gambar 5. Kurva korelasi nilai E_{gap} terhadap cincin polifuran dengan substituen fenil.

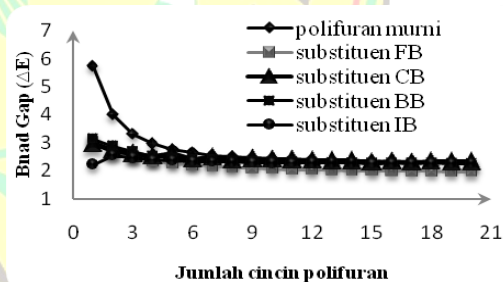
Optimasi Sistem Z- Fu_n -Z atau $F_n(Z)_2$ dan Fu_n -Z- Fu_n . Grup simetri dari polifuran dengan substituen heksahalobenzena pada posisi ujung adalah C_{2v} , C_{2h} , C_s , C_2 dan C_1 . Terlihat bahwa molekul polifuran yang tersubstitusi dengan heksahalobenzena pada posisi ujung mengalami perubahan yaitu cenderung melengkung karena sudut ikatan antara monomer furan dengan monomer berikutnya semakin besar (sudut O-C-C).

Pada substituen heksaiodobenzena molekul tidak satu bidang lagi membentuk sudut (tegak terhadap bidang). Hal ini disebabkan oleh perbedaan tarikan elektron dan terdelokalisasi pada molekul heksahalobenzena serta massa molar molekul heksahalobenzena yang besar.

Perubahan nilai E_{gap} dari polifuran cincin 1 s.d 20 dengan substituen heksahalobenzena posisi

ujung dapat dilihat pada Gambar 6. Penambahan substituen heksahalobenzena secara umum dapat menurunkan nilai E_{gap} polifuran. Penurunan yang sangat signifikan terjadi pada substituen heksafluorobenzena hingga mencapai nilai terendah yaitu 6,295 eV dengan simetri C_{2h} . Namun untuk nilai limit E_{gap} harus di ambil dengan jumlah cincin yang sama yaitu $n = 10$ adalah 6,331 eV dan merupakan nilai yang terendah dari substituen halobenzena yang lainnya.

Sedangkan substituen heksaiodobenzena terjadi kenaikan nilai E_{gap} dari $n = 1$ menuju $n = 2$ kemudian turun kembali hingga mencapai limit 6,552 eV. Hal ini disebabkan oleh perbedaan kestabilan substituen. Karena ikatan yang terjadi antara C benzena dengan F lebih kuat dibandingkan dengan Cl, Br dan I yang disebabkan keelektronegatifannya yang besar. Akibatnya ikatan yang terjadi akan lebih sulit untuk diputuskan. Heksahalobenzena termasuk pendorong elektron namun gugus halogen yang berikatan dengan benzena mengakibatkan inti benzena terdeaktivasi sehingga inti benzena lebih stabil. Selain itu Nilai limit E_{gap} untuk heksaklorobenzena dan heksabromobenzena adalah 6.667 dan 6.579 eV, dimana nilainya lebih rendah dari nilai E_{gap} polifuran murni.

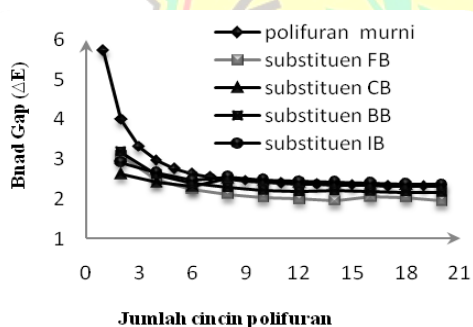


Gambar 6. Kurva korelasi nilai E_{gap} terhadap cincin polifuran murni dan polifuran dengan substituen molekul heksahalobenzena posisi ujung

Polifuran substituen heksahalobenzena posisi tengah mempunyai grup simetri C_{2h} , C_s , C_1 , C_2 dan C_i . Grup simetri C_{2h} umumnya terdapat pada setiap substituen heksahalobenzena pada cincin polifuran $n = 2$ dan 4 kecuali untuk heksafluorobenzena juga terdapat pada $n = 8, 12$

dan 14. Hal ini berarti bahwa polifuran substituen heksahalobenzena tidak akan planar dengan bertambahnya cincin polifuran. Dari geometri yang terbentuk, molekul polifuran tidak sebidang dengan substituen heksahalobenzena (tegak lurus terhadap bidang). Penurunan nilai E_{gap} polifuran yang signifikan masih terjadi pada substituen heksafluorobenzena hingga mencapai limit 6,229 eV.

Untuk sistem heksaklorobenzena dan heksaiodobenzena penurunan nilai E_{gap} yang signifikan terjadi pada jumlah cincin furan 2 s.d 6 (Gambar 7). Sistem heksafluorobenzena dan heksabromobenzena secara keseluruhan memiliki nilai E_{gap} yang lebih rendah dibandingkan dengan polifuran murninya. Secara umum, heksahalobenzena dapat menurunkan nilai E_{gap} tapi menyebabkan terjadinya perubahan geometri molekul sehingga tidak planar lagi. Hal ini menyebabkan sistem tersebut kurang baik digunakan sebagai semikonduktor.

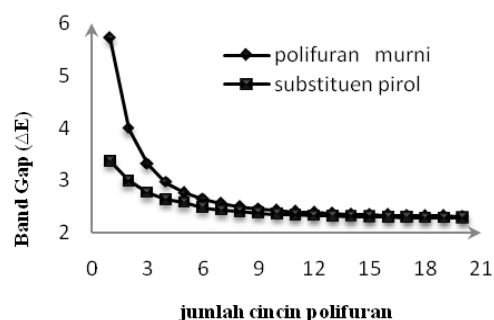


Gambar 7. Kurva korelasi nilai E_{gap} terhadap cincin polifuran murni dan polifuran dengan substituen molekul heksahalobenzena posisi tengah

Optimasi Sistem $\text{Py-Fu}_n\text{-Py}$ atau $\text{Fu}_n(\text{Py})_2$.

Data hasil optimasi polifuran dengan substituen pirol posisi ujung sistem $\text{Fu}_n(\text{Py})_2$. dilihat bahwa ada keteraturan secara umum dalam grup simetri substituen pirol, dimana untuk n ganjil memiliki grup simetri C_{2v} dan n genap memiliki grup simetri C_{2h} . Hal ini menunjukkan bahwa sistem $\text{Fu}_n(\text{Py})_2$ planar dibandingkan substituen yang lain. Hal yang sama juga terjadi pada substituen metil. Selain itu dapat dilihat nilai BE substituen hampir sama yaitu berkisar dari 925,555 –

922,655 kkal/mol. Dilihat dari energinya yang tinggi, reaksi pembentukan ikatan sulit terbentuk



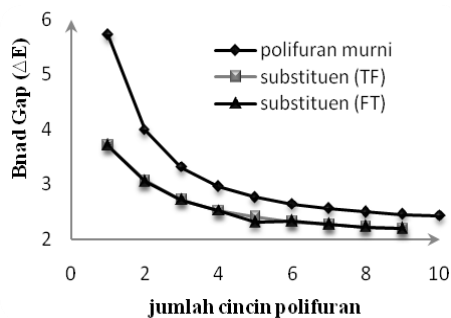
Gambar 8. Kurva korelasi nilai E_{gap} terhadap cincin polifuran murni dan polifuran dengan substituen pirol

Gambar 8 memperlihatkan perubahan nilai E_{gap} polifuran cincin 1 s.d 20 dengan substituen pirol. Penambahan substituen pirol pada posisi ujung dapat menurunkan nilai E_{gap} dari polifuran murni. Penurunan yang signifikan terjadi pada cincin $n = 1$ s.d 6 dan cincin dengan $n \geq 6$ turun perlahan sampai pada limit tertentu. Limit E_{gap} sistem $\text{Fu}_n(\text{Py})_2$ adalah 6,623 eV. Nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan nilai E_{gap} polifuran murni tetapi lebih tinggi dari nilai E_{gap} sistem $\text{Fu}_n(\text{NH}_2)_2$. Hal ini berarti sistem $\text{Fu}_n(\text{Py})_2$ bisa digunakan sebagai bahan semikonduktor.

Optimasi Sistem $(\text{T-Fu})_n$ dan Sistem $(\text{Fu-T})_n$.

Hasil optimasi sistem $(\text{T-Fu})_n$ dan $(\text{Fu-T})_n$. Grup simetri dari sistem $(\text{T-Fu})_n$ dan $(\text{Fu-T})_n$ adalah C_s dan C_{2v} . Kedua sistem ini mempunyai keteraturan grup simetri yaitu C_s untuk sistem $(\text{T-Fu})_n$ dan $(\text{Fu-T})_n$ dengan jumlah cincin $T = \text{Fu}$ dan grup simetri C_{2v} untuk $T > \text{Fu}$ atau $\text{Fu} > T$. Kedua sistem $(\text{T-Fu})_n$ dan $(\text{Fu-T})_n$ bentuknya cenderung melengkung dengan semakin banyaknya cincin T dan F yang berikatan. Hal ini berarti sistem ini tidak lagi berbentuk planar. Atom O dan S yang bersifat elektronegatif berkemungkinan besar akan berikatan dengan H dari cincin sehingga membentuk ikatan hidrogen intramolekul (Wikipedia, *polimer* 2007). Ikatan yang terbentuk akan menyebabkan struktur dari polimer akan mengalami perubahan. Semakin banyak cincin furan atau tiopen, maka struktur molekul akan melengkung. Dengan terbentuknya ikatan hidrogen, maka kelarutannya akan

berkurang dalam pelarut organik dan struktur memiliki massa molekul relatif yang cukup besar. BE substituen dari sistem ini cenderung naik dengan penambahan jumlah cincin furan ataupun tiopen yaitu dari 409.659 s.d 1622.245 kcal/mol untuk T-Fu dan 409.659 s.d 2046.221 kcal/mol untuk sistem Fu-T.



Gambar 9. Kurva korelasi nilai E_{gap} terhadap cincin polifuran murni dan kombinasi furan-tiopen

Pada Gambar 9 memperlihatkan perubahan nilai E_{gap} dari sistem $(T-Fu)_n$ dan $(Fu-T)_n$. Komposisi dari furan dan tiopen dalam sistem $(T-Fu)_n$ dan $(Fu-T)_n$ efektif untuk menurunkan nilai E_{gap} polifuran dengan nilai 6.458 dan 6.459 eV. Namun komposisi sistem $(T-Fu)_n$ dan $(Fu-T)_n$ yang cenderung melengkung (tidak planar) dengan penambahan cincin furan / tiopen kurang bagus untuk bahan semikonduktor.

Pada sistem polifuran murni $(Fu)_n$ yang diselidiki ternyata sistem dengan jumlah cincin furan $n = 1$ s/d 3 memiliki nilai $E_{gap} > 3$ dan $n = 4$ s/d 20 memiliki nilai $E_{gap} < 3$. Hal ini berarti furan, bifuran dan terfuran bersifat isolator sedangkan untuk $n = 4$ (quarterfuran) hingga $n = 20$ sistem bersifat semikonduktor. Namun, untuk jumlah cincin furan $n > 10$ sistem memiliki geometri yang kurang planar. Sehingga sistem akan lebih efektif digunakan sebagai semikonduktor organik adalah furan dengan jumlah cincin furan $n \leq 10$ (oligofuran). Karena semikonduktor organik yang diinginkan adalah yang memiliki geometri planar dan E_{gap} yang rendah [9].

Nilai band gap (E_{gap}) sistem turunan polifuran (1 atau 2 atom H furan pada C α di substitusi dengan substituen tertentu) juga

mengalami penurunan. Untuk semua sistem turunan polifuran dengan jumlah cincin $n = 1$ s/d 3 secara umum memiliki nilai $E_{gap} > 3$ dan $n = 4$ s/d 20 memiliki nilai $E_{gap} < 3$. Berdasarkan geometri turunan polifuran hasil penelitian didapatkan geometri molekul sebagai berikut:

1. Fenil dengan bentuk sistem Ph- Fu_n -Ph (Ph = fenil) memiliki geometri planar untuk jumlah cincin furan $n = 1$ s/d 10.
2. Radikal heksahalobenzena yang kehilangan atom H nya
 - a. Radikal heksahalobenzena yang kehilangan satu atom halogennya dengan bentuk sistem Z- Fu_n -Z {Z = heksahalobenzena, Z= FB (heksafluorobenzena), CB (heksaklorobenzena), BB (heksabromobenzena) dan IB (heksaiodobenzena)} memiliki geometri kurang planar.
 - b. Radikal heksahalobenzena yang kehilangan dua atom halogennya dengan bentuk sistem Fu_n -Z- Fu_n memiliki geometri kurang planar.
3. Radikal pirol yang kehilangan atom H nya dengan bentuk sistem Py- Fu_n -Py (Py = pirol) memiliki geometri yang planar
4. Radikal tiopen / furan dengan sistem $(T)_nFu$. (T = tiopen) dan $(Fu)_nT$ memiliki geometri yang kurang planar dan cenderung melengkung.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan studi mengenai penggunaan metoda PM3 untuk mempelajari struktur dan sifat polifuran, maka dapat disimpulkan bahwa hampir semua sistem yang dipelajari bersifat semikonduktor. Hasil pengoptimasian struktur turunan polifuran memperlihatkan bahwa seluruh substituen yang digunakan dapat menurunkan nilai band gap (E_{gap}) polifuran. Nilai band gap (E_{gap}) ternyata dipengaruhi oleh jumlah cincin furan yang berikatan membentuk polimer. Semakin banyak jumlah cincin furan maka keefektifan substituen dalam menurunkan band gap relatif kecil. Penurunan nilai band gap yang signifikan terjadi pada jumlah monomer furan $n = 1$ s.d 10. Optimasi dengan metoda PM3

memiliki nilai *overestimate* berkisar dari 3,612 – 4,269 eV

5. DAFTAR PUSTAKA

- Espoti, A. S, and M. Brandle, (1997), A Density Functional Study of The Vibrations of Three Oligomer of Thiophene, *J. Phys. Chem., A*, 101:7283-7291.
- Adant, C., and M. Dupuis (1997, An Ab Initio and Semiempirical Study of of The First and ThirdOrder Polarizabilities in Benzene and Thiophene Derivater: Electron Correlation Effect, *J. Phys. Chem.*, 101: 3025-3031.
- Forni, Alessandra, Sironi, Maurizio and Raimondi, Mario, (1997), Theoretical Investigation of Thiophene Oligomers: A Spin-Coupled Study., *J. Phys. Chem., A*, 101: 4437-4443.
- Nabutoki, and Koezuka, (1996), Molecular Orbital Study on Electron Confinement Characteristics in Heteroaromatic Oligomers, *J. Phys. Chem.*, 100: 6451-6455.
- Hong, Sung Y., and Song, M., Jung, (1997), Quantum-Chemical Study of Geometrical and Electronic Structure of Thiphene-Based Bicyclic Polymers, *J. Phys. Chem., B*, 1101: 10248-10253.
- Blanca, E., I. Carrillo, M. J. Gonzalez-Tejera and I. Hernandez-Fuentez. 2000. *J. polym. Sci.*, part. A: Polymer Cehmistry, 38: 291.
- Oskuz, Nevin, (2004), *Quantum Chemical Study of Geometrical and Electronic Structures of Aromatic Five-Membered Heterocyclic Oligomers in The Ground and Lowest Singlet Excited States.*, Middle East Technical University
- Angelca de Valle, M., R. D. Fernando and J. C. Bernede (2004), Nucleation and Growth mechanisms of Poly(furan). Effect of Electrlyte and Monomer Concentration in Aceetinitrile. *J. Braz. Chem. Soc.*, 15: 272-276.
- Reyes, R. V., L. D. Mercado, J. Anaya-Gil, A. G. Marrugo and E. Martinez, (2008), Theoretical study to Evaluate Polyfuran Electrical Conductivity and Methylamine, Methoxy Substituent Effects, *J. Mol. Struct. (THEOCHEM)*.

ISOLASI BAKTERI PENGHASIL PROTEASE ASAL KAWASAN TAMAN HUTAN RAYA SULTAN SYARIF HASYIM RIAU

Nofripa Herlina

Jurusan Biologi, Fakultas MIPA dan Kesehatan Universitas Muhammadiyah Riau

Jl. K.H. Ahmad Dahlan No. 88 Sukajadi Pekanbaru 28124

Telp. (0761) 35008, 20497 Fax (0761) 36912

e-mail: suryanimdiah@yahoo.com

ABSTRAK

Taman Hutan Raya Sultan Syarif Hasyim, Riau (Tahura SSH) merupakan salah satu hutan wisata dengan beranekaragam organisme yang memiliki potensi sumber daya alam. Rangkaian kegiatan pemanfaatan sumber daya alam meliputi kegiatan eksplorasi potensi mikroorganisme penghasil enzim protease. Protease merupakan salah satu enzim yang paling banyak digunakan dalam industri. Isolasi bakteri penghasil protease dilakukan dengan menggunakan medium *Skim Milk Agar* (SMA) 0,5%. Pengujian isolat didasarkan pada aktivitas zona bening secara semikuantitatif berdasarkan uji nilai tengah. Hasil penelitian diperoleh 12 isolat bakteri yang mampu menghasilkan enzim protease. Berdasarkan uji nilai tengah diperoleh 3 isolat kriteria tinggi penghasil protease yaitu isolat St₁P₈ sebesar 55,7 mm, isolat St₁P₄ sebesar 53,7 mm, dan isolat St₁P₂ sebesar 47,7 mm.

Kata kunci: Isolasi, Protease, Bakteri

1. PENDAHULUAN

Enzim adalah material yang penerapannya pada kehidupan sudah dilakukan manusia sejak peradaban dimulai, seperti dalam proses fermentasi untuk membuat roti atau minuman yang dilakukan oleh bangsa Mesir sejak 6000 tahun lalu. Penelitian tentang enzim sendiri telah dimulai sejak abad ke-17. Sampai sekarang, lebih dari 1000 jenis enzim yang berbeda telah diketahui manusia, akan tetapi kira-kira hanya 200 jenis yang telah dikarakterisasi secara detail dari segi struktur dan molekuler (Alimuddin, 2005). Dewasa ini, enzim merupakan katalisator yang umum digunakan dalam industri. Enzim tersebut dihasilkan oleh sel-sel hidup, baik sel hewan, tumbuhan maupun mikroba (Winarno, 1995). Sebagian besar enzim yang digunakan dalam industri adalah enzim yang diisolasi dari mikroba, Hal ini disebabkan karena mikroba mempunyai sifat yang menguntungkan dalam produksi enzim, dimana sel mikroba relatif lebih mudah ditumbuhkan, kecepatan pertumbuhan relatif lebih cepat, skala produksi sel lebih mudah ditingkatkan bila dikehendaki produksi yang lebih besar, biaya produksi relatif murah dan waktu yang dibutuhkan dalam proses produksi

lebih pendek (Fardiaz, 1993; Muchtadi, Nurheni, Made, 1992).

Salah satu enzim yang dihasilkan oleh bakteri yaitu protease. Bakteri penghasil protease dikenal dengan bakteri proteolitik (Winarno, 1995). Kelompok bakteri proteolitik antara lain seperti *Bacillus*, *Clostridium*, *Pseudomonas*, *Lactobacillus*, *Proteus* dan *Serratia*. Menurut Chin & Rosenberg (1998) aktivitas proteolitik meliputi degradasi kasein dan akumulasi berbagai peptide dan asam amino. Protease merupakan salah satu enzim yang paling banyak digunakan dalam industry. Industri yang memanfaatkan enzim tersebut antara lain industry pangan dan minuman, medis, penyamakan kulit, fotografi, tekstil dan detergen. Menurut Mubarik & Muhammad (1996), hampir 60% dari 80% enzim hidrolitik yang digunakan dalam industry bersifat proteolitik, seperti protease dari *Lactobacillus lactis* dan *L. casei* banyak digunakan dalam proses pematangan keju, pemberi rasa khas dan meningkatkan aroma.

Tanah merupakan habitat utama mikroba terrestrial sekaligus sumber utama mikroba yang banyak digunakan dalam industri. Setiap tanah memiliki perbedaan sifat fisikokimianya, hal ini

menyebabkan pada masing-masing tempat memiliki kekhasan mikroba yang berbeda-beda. Rata-rata komposisi tanah terdiri dari 45% senyawa anorganik, 25% air, 25% udara dan 5% senyawa organik. Komponen-komponen anorganik maupun organik merupakan substrat yang baik bagi kehidupan mikroorganisme. Mikroorganisme tanah merupakan campuran populasi dari protozoa, bakteri, jamur kemudian mikroalga. Umumnya mikroba tanah lebih banyak terdapat dipermukaan tanah, makin masuk ke dalam tanah makin berkurang penghuninya. Rata-rata kelimpahan bakteri tanah adalah $3,2 \times 10^5$ - 5×10^5 sel bakteri/ gr tanah pasir, $3,6 \times 10^5$ - 6×10^5 sel bakteri/ gr tanah lempung dan 2×10^6 - 2×10^8 sel bakteri/ gr tanah subur yang banyak mengandung senyawa organik (Waluyo, 2004).

Sari, Silaban, Lema (2006) dalam penelitiannya menyatakan bahwa keanekaragaman bakteri penghasil protease didapat dengan cara mengamati morfologi koloni (bentuk koloni, elevasi, tepian), bentuk sel, sifat Gram (positif atau negatif) dan ada tidaknya endospora. Hasil isolasi bakteri proteolitik dari kawasan Wisata Alam Situ Gunung Sukabumi Jawa Barat yaitu dari 20 sampel terisolasi 12 isolat yang memiliki aktivitas proteolitik setelah dimurnikan dengan cawan kuadran. Hasil pewarnaan Gram dari 12 isolat, 5 isolat diantaranya merupakan Gram negatif dan 7 isolat merupakan Gram positif. Tiga isolat tidak memiliki spora dan 9 isolat memiliki spora.

Menurut Rijai (2003) potensi hutan dicirikan dengan keanekaragaman organisme yang mendiami kawasan hutan. Taman Hutan Raya Sultan Syarif Hasyim, Riau (Tahura SSH) merupakan salah satu hutan wisata dengan beranekaragam organisme yang memiliki potensi sumber daya alam. Rangkaian kegiatan pemanfaatan sumber daya alam meliputi kegiatan eksplorasi potensi mikroorganisme. Oleh karena itu, penggalan mikroorganisme indigenous asal Riau perlu dilakukan. Menurut Akhdiya (2003) keragaman hayati yang tinggi memberikan peluang yang besar untuk mendapatkan mikroorganisme yang potensial untuk dikembangkan sebagai penghasil enzim, sehingga

dapat diaplikasikan pada berbagai bidang industri.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengisolasi bakteri penghasil protease dari kawasan Taman Hutan Raya Sultan Syarif Hasyim Riau.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah keragaman isolat asal Riau dan isolat bakteri yang berpotensi menghasilkan enzim protease.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel tanah dari kawasan Tahura SSH, Skim Milk Agar (SMA) 0,5%, akuades, alkohol, spiritus.

Alat. Dalam penelitian ini digunakan alat-alat seperti: autoklaf (Model KY-23D), (*Magnetic Stirrer Hotplate Fisons*), refrigerator, inkubator (*Gallenkamp*), *soil thermometer*, *soil tester*, mikroskop (Anti Mould Nikon), kapas, jangka sorong, mistar, tisu, kertas label, plastik kaca, aluminium foil, cawan petri, pipet tetes, erlenmeyer, gelas ukur, ose, tabung reaksi, bunsen, beaker glass.

Prosedur Kerja

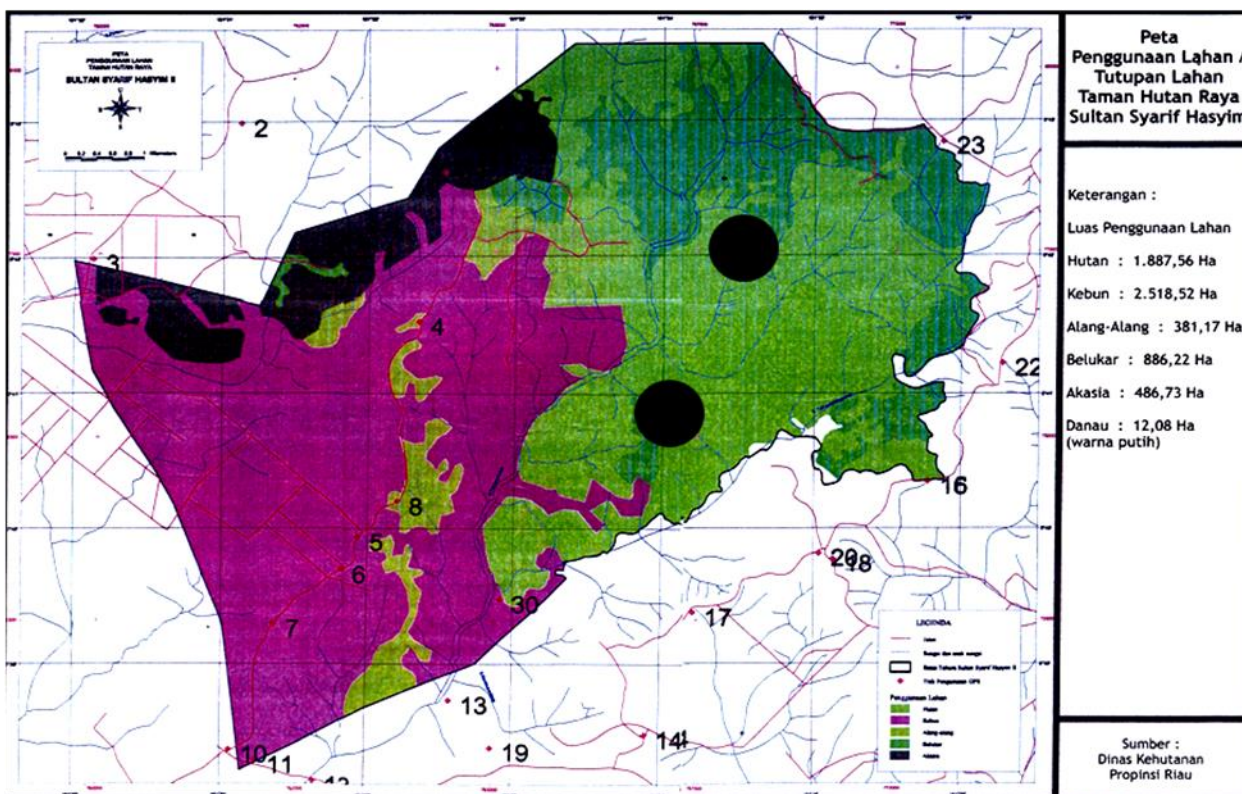
- Pengambilan Sampel
Pengambilan sampel dilakukan pada 2 stasiun dikawasan Tahura SSH, Riau (Gambar 1). Masing-masing stasiun dengan 3 titik sampel. Penentuan titik sampel dilakukan secara *purposive Sampling*. Sampel tanah diambil dengan kedalaman 0-15 cm. Pada setiap titik dilakukan pengukuran suhu tanah dan pH tanah.
- Isolasi Bakteri Proteolitik
Dilakukan pengenceran sampel hingga 10^{-5} , kemudian disebarkan ke cawan petri dan dituangi medium SMA 0,5% (suhu 45 °C). Setelah membeku, suspensi diinkubasi dengan posisi terbalik pada suhu ruang selama 24 jam. Koloni bakteri pemecah protein memperlihatkan zona bening disekitar koloni. Untuk membedakan antara koloni bakteri pembentuk asam dan pemecah protein, maka di atas koloni yang membentuk zona bening ditetesi dengan HCl 1%. Daerah disekitar koloni pemecah protein akan tetap bening, sedangkan daerah

disekitar koloni bakteri pembentuk asam menjadi keruh kembali (Fardiaz, 1993).

- Pemurnian isolat
Koloni bakteri pemecah protein diinokulasikan ke cawan petri yang baru secara strek kuadran yang berisi medium SMA 0,5% dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu ruang. Isolat murni yang ditandai

dengan koloni terpisah disimpan pada agar miring pada suhu 4°C (Akhdia, 2003).

- Uji Aktivitas Proteolitik
Pengujian isolat didasarkan pada aktivitas zona bening secara semikuantitatif berdasarkan uji nilai tengah (Sudjana, 2002).



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel di kawasan Tahura SSH

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil isolasi bakteri dari kawasan Tahura SSH Riau diperoleh 18 isolat bakteri yang mampu membentuk zona bening pada medium *Skim Milk Agar* 0,5% (Tabel 1). Dua belas isolat diantaranya mampu menghidrolisis protein yang mengindikasikan penghasil enzim protease. Isolat terbanyak diperoleh dari stasiun I. Di lihat

dari habitat aslinya (Tabel 2), diduga isolat-isolat ini berasal dari tanah yang kaya bahan organik dibandingkan dari stasiun II seperti protein, pati, glikogen, lemak, selulosa, hemiselulosa dan kitin. Bahan-bahan organik ini dimanfaatkan oleh bakteri sebagai sumber karbon dan energi dengan kemampuan hidrolitiknya

Tabel 1. Isolat bakteri yang berhasil diisolasi menggunakan medium *Skim Milk Agar* 0,5% dari kawasan Tahura SSH Riau

No	Kode Isolat	Penghasil protease	No	Kode Isolat	Penghasil protease
1	St ₁ P ₁	+	10	St ₂ P ₁	+
2	St ₁ P ₂	+	11	St ₂ P ₂	+
3	St ₁ P ₃	+	12	St ₂ P ₃	+
4	St ₁ P ₄	+	13	St ₂ P ₄	+
5	St ₁ P ₅	+	14	St ₂ P ₅	+

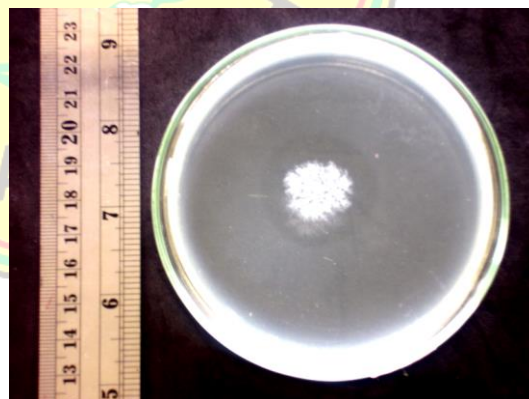
No	Kode Isolat	Penghasil protease	No	Kode Isolat	Penghasil protease
6	St ₁ P ₆	-	15	St ₂ P ₆	-
7	St ₁ P ₇	+	16	St ₂ P ₇	-
8	St ₁ P ₈	+	17	St ₂ P ₈	-
9	St ₁ P ₉	-	18	St ₂ P ₉	-

Ket: St₁Pn : Stasiun 1, isolat proteolitik ke-n
St₂Pn : Stasiun 2, isolat proteolitik ke-n

Tabel 2. Data lokasi pengambilan sampel kawasan Tahura SSH Riau

No	No. Sampel	pH	Suhu (°C)	Vegetasi	Warna Tanah	Jenis Tanah	Bahan Organik yang Ada
1	St ₁ - 01	6,2	26,5	<i>Macaranga argentea</i> , <i>Blumeo dendron</i>	Coklat kehitaman	Gembur	Serasah akar dan daun, kayu lapuk, kotoran gajah
2	St ₁ - 02	5,8	25,4	<i>Calophyllum</i> sp, <i>Macaranga argentea</i> , <i>Dialium</i> sp	Hitam	Kasar, lembab	Serasah akar dan daun, kotoran gajah, sarang semut
3	St ₁ - 03	6,4	26	<i>Macaranga argentea</i> , <i>Dialium</i> sp	Hitam	Gembur, lembab	Serasah akar dan daun, lumut kayu, bekas sarang semut
4	St ₂ - 04	5,8	26	<i>Nephelium</i> sp, <i>Dipterocarpus nesetii</i>	Coklat	Keras campur liat	Serasah akar dan daun
5	St ₂ - 05	6,0	27	<i>Kompassia malaccensis</i> , <i>Shorea</i> sp	Coklat kehitaman	Agak keras	Serasah akar dan daun, kayu lapuk
6	St ₂ - 06	5,9	26,2	<i>Nephelium</i> sp, <i>Shorea parvifolia</i> , <i>Parashorea diptera</i>	coklat	Lembab, agak keras	Serasah akar dan daun, cendawan, kayu lapuk

Isolat bakteri yang mengindikasikan penghasil enzim protease dilihat aktivitasnya secara semikuantitatif pada medium *Skim Milk agar* 0,5% dengan mengukur diameter zona bening disekitar koloni bakteri. Zona bening yang terbentuk menunjukkan bahwa isolat bakteri tersebut mampu menghidrolisis protein yang terdapat pada medium (Gambar 2). Diameter zona bening dan kriteria masing-masing isolat bakteri penghasil protease berdasarkan uji nilai tengah dapat di lihat pada Tabel 3.



Gambar 2. Aktivitas hidrolitik dari isolat St₁P₇ dalam membentuk zona bening menggunakan medium Skim Milk Agar 0,5% dengan waktu inkubasi selama 4 x 24 jam pada suhu ruang

Tabel 3. Pengelompokkan isolat bakteri penghasil protease dalam membentuk zona bening berdasarkan uji nilai tengah

No	Kode isolate	Diameter zona bening (mm)	Kriteria
1	St ₁ P ₈	55,7	Tinggi
2	St ₁ P ₄	53,7	
3	St ₁ P ₂	47,7	
4	St ₂ P ₄	44,7	Sedang
5	St ₁ P ₅	43,7	
6	St ₁ P ₇	41,3	
7	St ₂ P ₁	39,3	

No	Kode isolate	Diameter zona bening (mm)	Kriteria
8	St ₁ P ₁	33	Rendah
9	St ₁ P ₃	32,3	
10	St ₂ P ₅	24,7	
11	St ₂ P ₂	24,3	
12	St ₂ P ₃	17,7	

Perbedaan diameter zona bening yang terbentuk disebabkan kemampuan menghidrolisis protein dari setiap isolat berbeda-beda. Tiga isolat diantaranya termasuk kriteria berpotensi tinggi dalam menghasilkan enzim protease berdasarkan uji nilai tengah, berpotensi sedang sebanyak 6 isolat dan 3 isolat berpotensi rendah. Terbentuknya zona bening di atas medium memperlihatkan bahwa bakteri yang tumbuh dapat menghasilkan enzim ekstraseluler. Terjadinya zona bening ini dapat dijelaskan bahwa pada medium susu skim yaitu protein yang terdiri dari asam amino mempunyai molekul besar yang berada pada media tidak dapat digunakan secara langsung oleh bakteri sebagai sumber nutrisi, karena molekul yang besar tersebut tidak dapat ditransport ke dalam sel bakteri, sehingga perlu dihidrolisis menjadi molekul yang lebih kecil di luar sel. Oleh karena itu, bakteri tersebut mengeluarkan enzim ekstraseluler yang disebut enzim protease. Keadaan ini bisa langsung diamati dengan hilangnya partikel protein di dalam media, sehingga terlihat zona bening disekitar koloni bakteri yang menghasilkan enzim protease ekstraseluler. Menurut Poernomo (2003) bahwa mikroba yang menghasilkan enzim protease ekstraseluler dapat menghidrolisis protein.

Hasil penelitian Sari *et al.* (2003) dari sampel tanah dan air kawasan Wisata alam Situ Gunung Sukabumi Jawa Barat dengan menggunakan medium *Skim Milk Agar* 0,5% diperoleh 12 isolat bakteri yang mampu menghasilkan enzim protease dengan waktu inkubasi selama 24 – 48 jam pada suhu 25° C - 30° C.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian diperoleh 12 isolat bakteri pemecah protein yang mengindikasikan penghasil enzim protease. Tiga isolat diantaranya memiliki aktivitas hidrolitik tertinggi berdasarkan uji nilai

tengah yaitu isolat St₁P₈ sebesar 55,7 mm, isolat St₁P₄ sebesar 53,7 mm, dan isolat St₁P₂ sebesar 47,7 mm.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Akhdiya A. 2003. Isolasi Bakteri Penghasil Enzim Protease Alkalin Termotabil. Buletin Plasma Nutraf. 9: 38-44.
- Alimuddin. 2005. Konstruksi DNA Rekombinan Tanpa Enzim Restriksi. Artikel Iptek-Bidang Biologi. Pangan dan Kesehatan. Available at:URL:http://www.beritaiptek.com.[Accessed date:2 Maret 2007].
- Chin HW, Rosenberg M. 1998. Monitoring Proteolysis During Cheddar Cheese Ripening Using Two Dimensional Gel Electrophoresis. Journal Food Microbiology. 63: 423-428.
- Dinas Kehutanan Propinsi Riau. 2003. Master Plan Taman Hutan Raya Sultan Syarif Hasyim. Pekanbaru. Dishut Riau.
- Fardiaz S. 1993. Analisis Mikrobiologi Pangan. Jakarta. Raja Grafindo Persada.
- Frost EM, Most DA. 1987. Production of Enzymes By Fermentation. John & E. Sturge Limited Selby. England.
- Hadioetomo RS. 1993. Mikrobiologi Dasar Dalam Praktek. Jakarta. PT. Gramedia.
- Holt JG, Kries NR, Sneath PHA, Staley JT, Williams ST, editor. 1994. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. Ninth Edition. USA. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia.
- Kartasapoetra G, Sutedjo MM. 1987. Teknologi Konservasi Tanah dan Air. Jakarta. Rineka Cipta.

- Kiyoshi M, Haruko M, Hideo T, Yukimichi K, Fujiharu Y. 2000. Isolation of Protease Productive Bacteria From Fish Sauces Collected In Vietnam. *Journal Food Preservation Science*. 26(5):263-271.
- Kustiyaningsih. 2003. Pengaruh Sumber karbon Terhadap Aktivitas Bakteri Pelarut Fosfat Dari Isolat Tanah Bukit Bangkirai Kalimantan Timur. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor. Program S1.
- Mubarik NR, Muhammad W. 1996. Pemurnian dan Karakterisasi Protease Ekstraseluler *Bacillus subtilis* ATCC 6633. *Journal Bioscience Hayati*. 3: 50-55.
- Muchtadi D, Nurheni SP, Made A. 1992. Enzim Dalam Industri pangan. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Olajuyigbe FM, Ajele JO. 2005. Production Dynamics of Extracellular Protease From *Bacillus* species. *African Journal of Biotechnology*. 4(8): 776-779.
- Pelczar MJ, Chan ECS. 1988. Dasar-dasar Mikrobiologi I. Terjemahan: Ratna Siri Hadioetomo. Jakarta. UI-Press.
- Poernomo AT, Purwanto DA. 2003. Uji Aktivitas "crude" Enzim Proteolitik *Bacillus subtilis* FNCC 0059 Hasil Fermentasi Curah. *Jurnal Farmasi Airlangga*. 3(3): 103-107.
- Rao K, Narasu ML. 2007. Alkaline Protease from *Bacillus firmus* 7728. *African Journal of Biotechnology*. 6(21): 2493-2496.
- Rijai L. 2003. Bioprospeksi Suatu Paradigma Baru Dalam Pengelolaan Hutan Berkelanjutan. [Disertasi]. IPB. Graduate Program/ S3. [Accessed date: 6 Maret 2007].
- Riska A. 2006. Eksplorasi dan Karakterisasi Aktinomisetes asal Tanah gambut Kecamatan Siak Kabupaten Siak Sri Indrapura. [Skripsi] Universitas Riau. Program S1.
- Sari WW, Silaban RC, Lema ATH. 2006. Keanekaragaman Bakteri Penghasil Protease Asal Kawasan Wisata Alam Situ Gunung Sukabumi Jawa Barat. [Tesis]. IPB. Program Pasca Sarjana. [Accessed date: 6 Maret 2007].
- Sudjana. 2002. Metode Statistika. Bandung. Tarsito.
- Waluyo L. 2004. Mikrobiologi Umum. Malang. UMM Press.
- Winarno FG. 1995. Enzim Pangan. Jakarta. PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Yoon JL, Kim EH, Cho YJ, Shin KS. 2003. Characterization of the Proteolytic Activity of Bacteria Isolated from a Rotating Biological Contactor. *Journal of Microbiology*. 41(2): 73-77.

ANALISA BENSORSAK SECARA KROMATOGRAFI CAIR KINERJA TINGGI: STUDI KASUS SAMPEL SAOS SAMBAL DARI INDUSTRI RUMAH TANGGA DI PEKANBARU

Musyirna Rahmah Nasution, Armon Fernando, Suhelmi

Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi Riau
musyirnarahmah@yahoo.com

ABSTRAK

Natrium benzoat, kalium sorbat dan natrium sakarin merupakan bahan pengawet dan pemanis yang digunakan dalam makanan dan minuman. Telah dilakukan penentuan kadar natrium benzoat, kalium sorbat dan natrium sakarin (BENSORSAK) dalam saos sambal produksi industri rumah tangga dengan menggunakan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT). Kadar natrium benzoat untuk sampel A 2.577,33 mg/kg, sampel B 858,25 mg/kg, sampel C 1.905,88 mg/kg dan sampel D 2.295,83 mg/kg. Kadar natrium benzoat pada Sampel A, C dan D melebihi batas maksimal Menteri Kesehatan RI No 722 / IX / 88, yaitu 1 g/kg untuk asam benzoat atau garamnya. Kadar natrium sakarin yang terdapat pada sampel B 129,98 mg/kg dan sampel C 133,01 mg/kg masih dalam batas yang ditetapkan PerMenkes RI yaitu 0,5 g/kg. Sedangkan kalium sorbat tidak ditemukan dalam sampel saos sambal.

Kata kunci: BENSORSAK, KCKT, saos sambal

1. PENDAHULUAN

Produk kemasan sangat banyak dihasilkan oleh produsen makanan maupun minuman. Berbagai promosi dilakukan oleh produsen untuk menarik minat masyarakat sebagai konsumen untuk mengkonsumsi produk yang mereka hasilkan. Salah satunya saos sambal. Saos sambal merupakan salah satu kelompok makanan olahan atau awetan dengan tekstur setengah basah yang berupa pasta berwarna merah segar. Sehari-hari saos sambal digunakan sebagai bumbu atau penyedap masakan yang cocok dihidangkan dengan beraneka ragam makanan. Komposisi jenis dan bahan tambahan yang tepat akan menghasilkan cita rasa yang lezat serta memenuhi selera banyak orang.

Berbagai macam komposisi tambahan dalam saos sambal yang ditambahkan oleh produsen untuk menampilkan kualitas produknya. Beberapa diantaranya adalah asam benzoat, sorbat dan sakarin. Asam benzoat dan sorbat dalam saos sambal berfungsi sebagai pengawet untuk menghambat pertumbuhan mikroba. Sedangkan sakarin berfungsi memberikan cita rasa manis. Penggunaan asam benzoat, sorbat,

dan sakarin dalam kadar melewati batas dapat membahayakan kesehatan. Bila dikonsumsi pada kadar yang berlebihan yang ditetapkan peraturan pemerintah atau Standar Nasional Indonesia menyebabkan sakit perut dan lesu (Wisnu, 2006). Bahan Tambahan Pangan (BTP) seperti pengawet dan pemanis diperbolehkan dengan kadar yang telah ditetapkan oleh MenKes RI dalam peraturan: Menteri Kesehatan RI No. 722/Menkes/Per/IX/88.

Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian kadar asam benzoat, sorbat dan sakarin yang terkandung dalam saos sambal produksi rumah tangga apakah telah memenuhi syarat sesuai dengan peraturan Menteri kesehatan RI No 722 / IX / 88, yaitu 1 g/kg untuk asam benzoat atau garamnya, 1 g/kg untuk kalium sorbat dan 0,5 g/kg untuk natrium sakarin. Analisis bahan tambahan makanan di dalam saos sambal pada penelitian ini menggunakan metode Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT), karena analisis dengan KCKT cepat, daya pisah baik, peka, penyiapan sampel mudah, dan dapat dihubungkan dengan detektor yang sesuai (Jhonson, 1991). Beberapa pustaka menunjukkan

bahwa metode KCKT fase terbalik merupakan metode terpilih untuk analisis campuran bahan tambahan tersebut, karena zat-zat tersebut bersifat polar dan larut dalam air sehingga sulit dipisahkan menggunakan KCKT fase normal yang menggunakan kolom polar dan fase gerak yang bersifat non polar (Meyers, 2000; Nollet, 1996).

2. METODE PENELITIAN

Tanah lempung alam yang telah Peralatan yang digunakan adalah seperangkat alat KCKT (Shimadzu[®]) yang terdiri dari pompa KCKT MODEL LC-20, detektor UV-VIS model SPD-20 A. Kolom C-18 (Shimadzu[®]) (25 cm x 4,6 mm), pH meter (Jenway[®]). Neraca Semimikro (Presisa[®]), Neraca Analitik (Presisa[®]). Penghawa udara ultrasonic (Branson 3200). Saringan filter eluen dan sampel 0,45 μm (Whatman[®]). Sedangkan alat gelas yang digunakan adalah beker gelas, labu ukur, test tube, corong, batang pengaduk, pipet tetes (Pyrex[®]), dan spatel.

Bahan baku pembanding digunakan baku dari PPOMN, natrium benzoat (Kadar 100,34 % . No Kontrol 207222. Kadar air 2,22 %), natrium sakarin (Kadar 87,70 % . No Kontrol 198303) , dan asam sorbat (Kadar 99,78 % . No Kontrol 196017). Sedangkan untuk pelarut digunakan Metanol p.a (Merck[®]), dan aquabides (Ikaparmindo). Untuk fasa gerak digunakan Dapar fosfat KH_2PO_4 (Merck[®]) dan K_2HPO_4 (Merck[®]) 10 mmol: Metanol (96:4). Sampel yang digunakan sampel saos sambal produksi rumah tangga.

Prosedur Kerja

a. Pengambilan Sampel

Sampel berupa saos sambal produksi rumah tangga yang diambil di 3 (tiga) lokasi yaitu Pasar Pagi Simpang Empat Arengka, Pasar Cik Puan dan Pasar Pusat. Masing-masing diambil 4 (empat) nomor dan dipilih secara acak dengan kode sebagai berikut:

1. Saos Sambal Kode A
2. Saos Sambal Kode B.
3. Saos Sambal Kode C
4. Saos Sambal Kode D

b. Pembuatan Reagen Dapar Fosfat 10 mmol
Sebanyak 0,87090 gram K_2HPO_4 (BM 174,18) dan 0,68045 gram KH_2PO_4 (BM 136,09) ditimbang seksama dan dimasukkan dalam labu ukur 1000 ml. Dilarutkan dengan aquabidest hingga garis batas dan di cek pH hingga 6,8.

c. Pembuatan Larutan Baku Induk 1 mg/ml = 1000 ppm

Dibuat larutan standar sejumlah 50 mg masing - masing garam atau asam benzoat, asam sorbat dan natrium sakarin dilarutkan bersama - sama dalam labu tentukur 50 ml menggunakan larutan campuran metanol - air (60: 40) hingga 50 ml.

d. Pembuatan Larutan Baku kurva Kalibrasi

Serial larutan baku dibuat dengan memipet larutan baku induk berturut - turut yaitu 0,5 ml; 1,0 ml; 1,5 ml; 2,0 ml; 2,5 ml; 3,0 ml; 3,5 ml. Kemudian dimasukkan dalam labu 50 ml dan diencerkan dengan metanol: air (60: 40) hingga 50 ml, kemudian diultrasonik, setelah dingin kemudian disaring menggunakan membran filter diameter 0,45 μm disuntikkan ke alat KCKT dengan kondisi fasa gerak Metanol-Dapar fosfat pH 6,8 (4: 96) dan kecepatan lajur alir 1,7 ml/menit terpilih menggunakan kolom RP 18 CLC Oktadesilsilana (25 cm x 0,46 cm) dengan suhu 30°C Dari data pengukuran dibuat kurva kalibrasi dengan menggunakan persamaan garis regresi linier ($y = a + bx$) dimana x adalah konsentrasi dan y adalah luas puncak perbandingan (larutan A).

e. Pembuatan Larutan Uji

Sejumlah lebih kurang 1 gram sampel yang telah dihomogenkan ditimbang seksama, dimasukan dalam labu tentukur 50 ml, kemudian ditambahkan larutan campur metanol - air (60: 40) hingga 50 ml, kemudian diultrasonik, setelah dingin kemudian disaring menggunakan kertas saring, hasil saringan kemudian disaring menggunakan membran filter diameter 0,45 μm . (Larutan B).

f. Penetapan Kadar Benzoat, Sorbat, Sakarin (PPOM, 2007)

Larutan A dan B masing – masing disuntikan ke alat KCKT dengan kondisi sebagai berikut:

Fasa Diam : Kolom Oktadesilsilana (25 cm x 0,46 cm, um)

Fasa Gerak : Metanol - Dapar fosfat pH 6,8 (4:96).

Laju Alir : 1.7 ml / menit.

Detektor : UV 225 nm.

Vol Penyuntikan: 20 µl.

g. Analisa Data

Kadar asam benzoat, dan asam sorbat dalam saos sambal maksimum 1000 mg/kg tunggal atau campuran dengan garamnya dan 500 mg/kg untuk sakarin.

Kadar asam benzoat, asam sorbat dan sakarin dalam cuplikan dihitung dan ditetapkan menggunakan kurva kalibrasi dengan persamaan garis lurus: $Y = a + bx$, dimana:

$Y = \text{area}$ $X = \text{kosentrasi}$

$a = \text{intersept}$ $b = \text{slope}$

$$\text{Kadar Asam Benzoat} = \frac{\text{BM As. Benzoat}}{\text{BM Na. Benzoat}} \times \frac{(Y - a)}{b} \times \frac{fp}{\text{brt spl}}$$

Atau

$$= \frac{\text{BM As. Benzoat}}{\text{BM Na. Benzoat}} \times \frac{(X \times fp)}{\text{brt spl}}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi KCKT yang digunakan pada analisis sampel dengan volume penyuntikan 20 µl, fase diam oktadesilsilana (C18), fase gerak metanol: dapar phospat pH 6,8 (4:96), laju alir 1,7 ml/menit, dengan detector panjang gelombang

UV 225 nm. Mekanisme pemisahan yang terjadi didasarkan pada kompetensi antara fase gerak dan sampel berikatan dengan kolom. Zat yang keluar terlebih dahulu, adalah zat yang yang lebih polar daripada zat yang lainnya, sedangkan zat yang tertahan lebih lama dari kolom, merupakan zat yang lebih non polar. Semakin polar fase gerak, waktu tambat sampel semakin lambat dan semakin non polar fase gerak, sampel semakin cepat keluar (Meyers,2000).

Data kurva kalibrasi asam benzoat yang dihitung berdasarkan kadar baku asam benzoat terhadap area diperoleh persamaan regresi $Y = 58132X + 54188$ (Tabel 1). Berdasarkan persamaan regresi tersebut ditentukan kadar asam benzoat sampel masing-masing kadar berturut-turut adalah sampel A = 2.577,33 mg/kg, sampel B = 858,25 mg/kg, sampel C = 1.905,88 mg/kg dan sampel D = 2.295,83 mg/kg (Tabel 2). Saos sambal sampel B yang memenuhi syarat dari Permenkes, yaitu maksimal 1000 mg/kg untuk saos sambal, sedangkan untuk sampel A, sampel C dan sampel D tidak memenuhi syarat yang telah ditetapkan PerMenkes RI No. 722/Per/IX/88.

Tabel 1. Data Kalibrasi Baku Seri Natrium Benzoat dengan persamaan regresi $Y = 58132X + 54188$

Vol (ml)	FP (ml)	Bk (ppm)	Kadar (ppm)	Area	RT (menit)
0.5	50	981.71	9.8171	631185	6.73
1.0	50	981.71	19.6342	1197120	6.71
1.5	50	981.71	29.4513	1766040	6.68
2.0	50	981.71	39.2684	2331164	6.68
2.5	50	981.71	49.0855	2880396	6.67
3.0	50	981.71	58.9026	3505126	6.65
3.5	50	981.71	68.7197	4047451	6.63

Tabel 2. Kadar Asam Benzoat Sampel Saos Sambal

Nama Sampel	Bobot (g)	FP (ml)	Respon Puncak (Area)	RT (menit)	Slope	Intersep	Kadar (mg/kg)	Rata-rata
A	A1	1,0009	1834387	6.41	58132	54188	2578,51	2577,33
	A2	1,0021	1834900	6.41	58132	54188	2576,16	
	B1	1,0053	655351	6.46	58132	54188	857,56	
B	B2	1,0061	656768	6.44	58132	54188	858,94	858,25
	C1	1,0029	1375615	6.55	58132	54188	1905,04	1905,88
C	C2	1,0028	1374588	6.56	58132	54188	1906,72	
	D1	1,0009	1640088	6.42	58132	54188	2295,52	

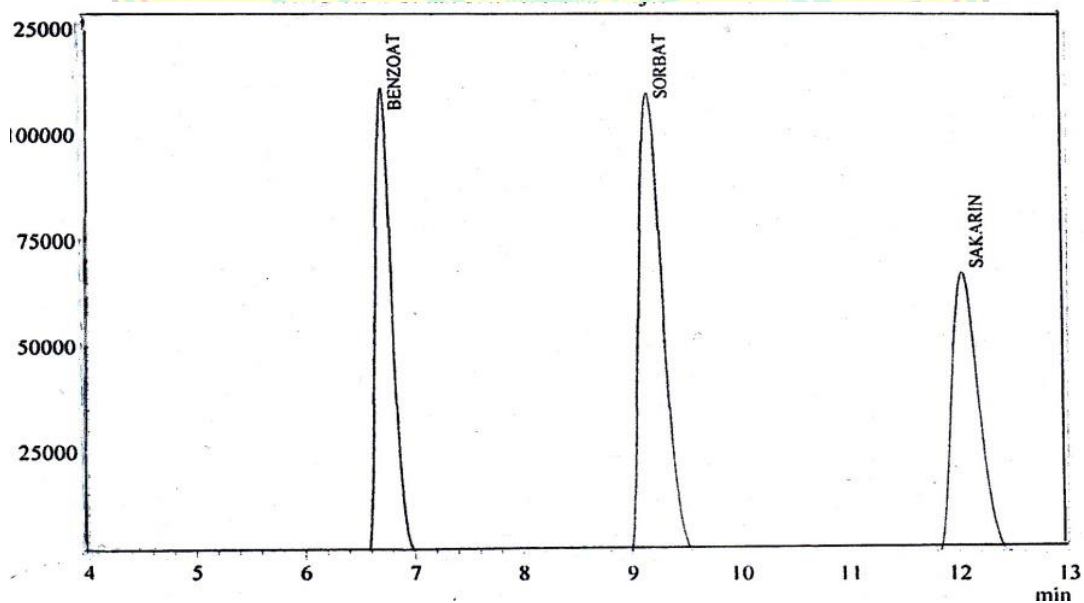
Nama Sampel	Bobot (g)	FP (ml)	Respon Puncak (Area)	RT (menit)	Slope	Intersep	Kadar (mg/kg)	Rata-rata
D D2	1,0004	100	1639724	6.42	58132	54188	2296,14	2295,83

Keterangan: RT : Retention Time (waktu tambat)

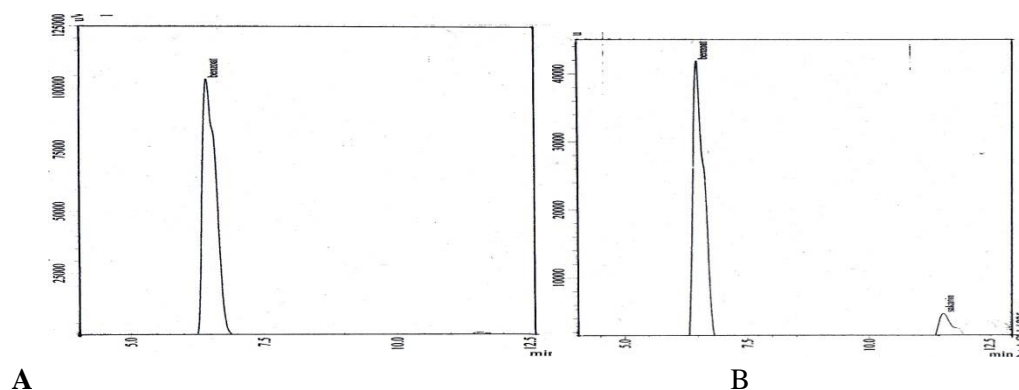
Tabel 3. Data Kalibrasi Baku Seri Kalium Sorbat dengan Persamaan Regresi

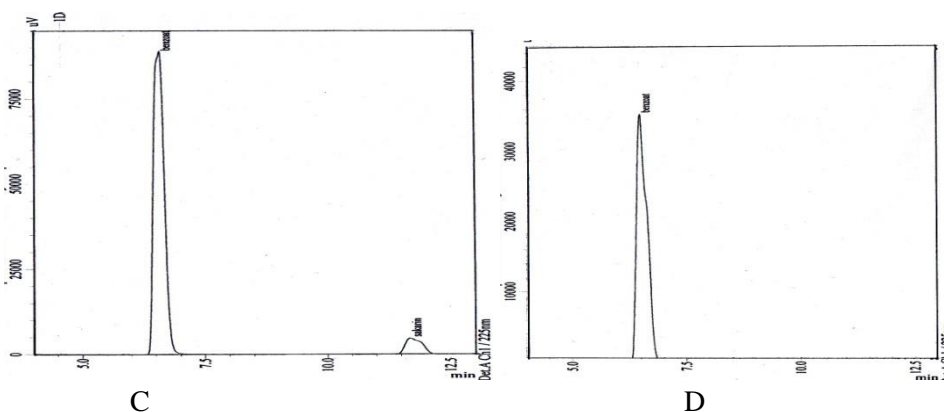
$$Y = 79287X + 74143$$

Vol (ml)	FP (ml)	Bk (ppm)	Kadar (ppm)	Area	RT (menit)
0.5	50	1008.78	10.0878	879176	9.2
1.0	50	1008.78	20.1756	1675378	9.15
1.5	50	1008.78	30.2634	2477804	9.11
2.0	50	1008.78	40.3512	3264154	9.1
2.5	50	1008.78	50.439	4040812	9.08
3.0	50	1008.78	60.5268	4910174	9.06
3.5	50	1008.78	70.6146	5666712	9.03



Gambar 1. Kromatogram baku asam benzoat, sorbat dan sakarin dengan seri 1,0 ml. volume penyuntikan 20 µl, fase diam oktadesilsilan (C18), fase gerak metanol: dapar fosfat pH 6,8 (4:96), laju alir 1,7 ml/menit, dengan detector panjang gelombang UV 225 nm





Gambar 2. Kromatogram: asam benzoat pada sampel A, asam benzoat dan sakarin pada sampel B, asam benzoat dan sakarin pada sampel C, dan asam benzoat pada sampel D.

Data kurva kalibrasi natrium sakarin yang dihitung berdasarkan kadar baku natrium sakarin terhadap area diperoleh persamaan regresi $Y = 64703X + 31121$. Berdasarkan persamaan regresi tersebut diperoleh kadar natrium sakarin pada

saos sambal sampel B = 129,98 mg/kg dan sampel C = 133,01 mg/kg. Sedangkan untuk sampel A dan sampel D tidak ditemukan kadar pemanis natrium sakarin.

Tabel 4. Kadar Konsentrasi Baku Seri Natrium Sakarin

Vol (ml)	FP (ml)	Bk (ppm)	Kadar (ppm)	Area	RT (menit)
0.5	50	883.31	8.8331	614562	12.06
1.0	50	883.31	17.6662	1175304	12.03
1.5	50	883.31	26.4993	1746973	11.98
2.0	50	883.31	35.3324	2299417	11.99
2.5	50	883.31	44.1655	2859749	11.98
3.0	50	883.31	52.9986	3489510	11.96
3.5	50	883.31	61.8317	4035082	11.94

Tabel 5. Kadar analisa dari natrium sakarin yang didapat ($y = a + bx$)

Nama Sampel	Bobot (g)	FP (ml)	Respon Puncak (Area)	RT (menit)	Slope	Intersep	Kadar (mg/kg)	Rata-rata
B	B1	1,0053	100	115716	11.52	64703	31121	130,05
	B2	1,0061	100	115691	11.52	64703	31121	129,91
C	C1	1,0029	100	117484	11.52	64703	31121	133,05
	C2	1,0028	100	117399	11.52	64703	31121	132,97

Bahan Tambahan Pangan dapat digunakan dalam pengolahan pangan namun tidak boleh melebihi ambang batas yang diizinkan dalam Permenkes RI No. 722/Menkes/Per/IX/88.

Adapun BTP yang dilarang penggunaannya, adalah asam borak (*Boric Acid*) dan senyawanya, asam salisilat dan garamnya (*salicylic acid and its salt*), dietilpirokarbonat

(*diethylpyrocarbonate, DEPC*), dulsin (*Dulcin*), kalium klorat (*potassium chlorate*), kloramfenikol (*chloramphenicol*), minyak nabati yang dibrominasi (*brominated vegetable oils*), nitrofurazon (*nitrofurazone*), dan formalin (*formaldehyde*) (Wisnu, 2006; Winarno, 1997).

Hasil penelitian diketahui bahwa kadar asam benzoat pada saos sambal industri rumah tangga untuk sampel A, C dan D melebihi batas maksimum yang diizinkan. Kadar asam benzoat sebagai pengawet yang diperoleh tidak layak dikonsumsi karena batas maksimum SNI 01 3548 1994 (SNI Saos Cabe) dan Permenkes RI No. 722 / Menkes / Per / IX / 88 adalah 1g / kg untuk saos sambal, sehingga saos sambal yang terdapat pada 3 (tiga) sampel yang diuji tidak layak untuk dikonsumsi. Berdasarkan data tersebut diketahui bahwa masih banyak produsen yang tidak mengerti dan memahami peraturan kesehatan yang berlaku tentang penggunaan bahan tambahan makanan serta efek samping bagi kesehatan. Oleh karena itu diperlukan peranan instansi pemerintah terkait seperti Dinas Kesehatan atau BPOM untuk mengawasi dan memberikan penyuluhan serta mengontrol industri rumah tangga dalam pemberian bahan tambahan pengawet.

4. KESIMPULAN

Penetapan kadar asam benzoat, sorbat dan sakarin pada saos sambal produksi industri rumah tangga dengan KCKT diperoleh 3 (tiga) sampel mengandung pengawet asam benzoat dengan kadar untuk sampel A= 2.577,33 g/kg, sampel C = 1.905,88 g/kg dan sampel D = 2.295,83 yang tidak memenuhi syarat (TMS) seperti tercantum dalam PerMenkes RI No.722/Menkes/ Per/IX/88

yaitu 1 g/kg. Pengawet asam sorbat tidak ditemukan pada ke 4 (empat) jenis sampel. Sedangkan kadar natrium sakarin yang terdapat pada sampel B 129,98 mg/kg dan sampel C 133,01 mg/kg masih dalam batas yang ditetapkan PerMenkes RI yaitu 0,5 g/kg.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Badan POM RI, 2004, *Persyaratan Penggunaan Bahan Tambahan Pangan Pemanis Buatan dalam Produk Pangan*, Jakarta
- Johnson, E.L, 1991 *Dasar Kromatografi Cair*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Hayun, H dan C. N. Aziza, 2004 Penetapan Kadar Sakarin, Asam Benzoat, Asam Sorbat, Kofeina, Dan Aspartam di Dalam Beberapa Minuman Ringan Bersoda Secara Kromatografi Cair Kinerja Tinggi. *Majalah Ilmu Kefarmasian. Vol. 1. No. 3. Pp 148-159.*
- Mulja, M, 1995 *Analisis Instrumental*. Penerbit Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Meyers, RA. *Encyclopedia of analytical chemistry*, vol 13, New York:John Wiley and Sons Ltd, 2000:11428-11450.
- Nollet, Leo. *Handbook of food analysis*,vol 2, New York: Marcell Dekker Inc, 1996: 1745-1746,1835-1844, 1853-1857.
- Pusat Pengujian Obat dan Makanan Nasional
- Badan POM RI, 2007, *Penetapan Kadar Asam Benzoat, Asam Sorbat, dan Sakarin dalam Saus Sambal dan Sirup*, Jakarta.
- Wisnu, C, 2006, *Analisis dan Aspek Kesehatan Bahan Tambahan Pangan*.Penerbit Bumi Aksara, Jakarta
- Winarno, F.G, 1997. *Kimia Pangan dan Gizi*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta

ANALISIS KANDUNGAN FOSFOR MENGGUNAKAN SPECTROFOTOMETER UV-VIS PADA KACANG HIJAU YANG DIAMBIL DARI PASAR KOTA PEKANBARU

Pangoloan Soleman Ritonga, Sukindro

Jurusan Pendidikan Kimia, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN SUSKA Riau
Solemanriau@yahoo.co.id

ABSTRACT

Analysis of phosphorus content in green beans was done. Sampling was conducted with a random method (random) from 3 different markets namely the market of Panam, the market of Arengka and the market of Giant. This study aims to analyze the levels of phosphorus in the green beans in the markets of Pekanbaru. The method used in this study is the UV-Vis spectrophotometer, which measured at a wavelength of 400 nm. Research was conducted at the Laboratory of Pathology, Entomology and Microbiology (PEM) Faculty of Agricultural and animal husbandry Pekanbaru Riau Suska UIN 2010. Based on the results obtained from 3 samples of green beans that were analyzed, the results showed that phosphorus levels in green beans from the market of Arengka is 82.3 mg/10g, from Panam Market is mg/10g 88.05 and market of Giant is 89.63 mg/ 10g. From 3 different markets that phosphorus levels obtained ranged from 82.3 to 89.63 mg/10 gr.

Keywords: Phosphor, Green beans, Spectrophotometry, UV-Vis

1. PENDAHULUAN

Menurut Soeprapto, tanaman kacang hijau merupakan salah satu jenis tanaman kacang-kacangan yang tergolong pada tanaman semusim yang berumur pendek yaitu ± 60 hari. Tanaman kacang hijau berbatang tegak dengan ketinggian sangat bervariasi, antara 30-60 cm, tergantung varietasnya. Cabangnya menyamping, batang utama berbentuk bulat dan berbulu, warna batang ada yang hijau dan ada yang ungu. Daunnya *trifoliolate* (terdiri dari tiga helaian) dan letaknya berseling. Tangkai daunnya cukup panjang, lebih panjang dari daunnya. Warna daunnya hijau muda sampai hijau tua. Tanaman kacang hijau termasuk berbunga sempurna, bunga berbentuk kupu-kupu berwarna kuning. Bunga tersusun dalam tandan, keluar pada cabang serta batang dan dapat menyerbuk sendiri (Syam Suardi, 2005; 4).

Kacang hijau (*Phaseolus Radiatus*) yang juga disebut *Mungbean* merupakan tanaman yang dapat tumbuh hampir di semua tempat di Indonesia. Berbagai jenis makanan (olahan) asal kacang hijau seperti bubur kacang hijau, minuman kacang hijau, kue/panganan tradisional

dan kecambah kacang hijau telah sejak lama dikenal oleh masyarakat Indonesia.

Meskipun tanaman kacang hijau memiliki banyak manfaat, namun tanaman ini masih kurang mendapatkan perhatian petani

untuk dibudidayakan. Padahal, tanaman kacang hijau memiliki potensi yang tinggi untuk dikembangkan. Dibanding dengan tanaman kacang-kacangan lainnya, kacang hijau memiliki kelebihan ditinjau dari segi agronomi dan ekonomis, seperti: (a) lebih tahan kekeringan; (b) serangan hama dan penyakit lebih sedikit; (c) dapat dipanen pada umur 55-60 hari; (d) dapat ditanam pada tanah yang kurang subur; dan (e) cara budidayanya mudah (Atman, 2007; 1).

Kacang hijau mengandung kalsium (124 mg/100 g) dan fosfor (326 mg/100 g) yang relatif tinggi. Ini berarti kacang hijau bermanfaat untuk memperkuat kerangka tulang yang sebagian besar tersusun dari kalsium dan fosfor (Ali Khomsan, 2006; 11-12).

Dari data statistik (BKP Propinsi Riau) diperoleh kebutuhan masyarakat Pekanbaru dalam mengkonsumsi kacang hijau adalah 1,04 kg/tahun/kota/orang. Ini menunjukkan bahwa

tingkat konsumsi masyarakat pekanbaru terhadap kacang hijau adalah tinggi. Di Pekanbaru tersedia konsumsi 7 ton/tahun dari kebutuhan kacang hijau/tahun 816,80 ton/tahun. Jadi di kota Pekanbaru mengalami kekurangan -810 ton/tahun sehingga untuk mencukupi kebutuhan tersebut Badan Katananan Pangan Propinsi Riau harus menyuplai dari daerah lain (Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura, 2009, h. 122).

Fosfor merupakan salah satu mineral terbanyak dalam tubuh yang jumlahnya hanya dilampaui oleh kalsium. Mineral di golongan kedalam mineral makro dan mineral mikro. Mineral makro adalah mineral yang di butuhkan tubuh dalam jumlah lebih dari 100 mg sehari (>0,05% berat badan) sedangkan mineral mikro di butuhkan kurang dari 100 mg sehari (<0,05 % berat badan). Jumlah mineral mikro dalam tubuh kurang dari 15 mg. Sampai saat ini dikenal sebanyak 24 mineral yang di anggap esensial jumlah itu setiap waktu bisa bertambah. Mineral makro terdiri dari Kalsium, Magnesium, Fosfor, Kalium, Natrium dan masih banyak lagi yang lain. Umumnya kelebihan konsumsi mineral akan diekresikan melalui feses kecuali Natrium dan Kalium (Departemen Gizi dan Kesehatan Masyarakat, 2008, h. 138).

Jumlah fosfor rata-rata dalam tubuh pria dewasa kurang dari 700 g, sedangkan kalsium 1200 g. Kira-kira 85% fosfor terdapat dalam tulang sebagai mineral tulang, Kalsium fosfat $[Ca_3(PO_4)_2]$, dan Hidroksiapatit $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$. Sisanya terdapat di dalam sel dan cairan ekstra seluler sebagai ester asam fosfat organik, fosfo protein, fosfo lipida dan ion fosfat anorganik, $H_2PO_4^-$ dan HPO_4^{2-} . Fosfat memegang peranan penting sebagai buffer untuk mencegah perubahan tingkat keasaman cairan tubuh. Ini terjadi karena kemampuan fosfor mengikat tambahan ion hidrogen (Sunita Almatsier, 2001; 244-245).

Walaupun peranan fosfat sangat penting sebagai unsur pokok dari asam nukleat dan membran sel, serta sebagai faktor yang esensial pada seluruh reaksi pembentukan energi di dalam sel dan juga sebagai komponen pembentuk kristal dari tulang rangka, fosfor tidak banyak mendapat perhatian sebagai komponen gizi karena banyak

terdapat dalam berbagai jenis makanan yang dikonsumsi.

Fungsi dan metabolisme zat kapur (Ca) dan fosfor (P) sangat erat saling berhubungan, sehingga akan dibicarakan bersama sekaligus. Sebagian besar kedua unsur ini terdapat sebagai garam kalsium fosfat di dalam jaringan keras tubuh, ialah tulang dan gigi geligi, memeberikan sifat keras kepada kedua jenis jaringan tersebut. Dari 1200 gram Ca yang terdapat di dalam tubuh sekitar 90% terdapat di dalam jaringan keras (tulang dan gigi) sedangkan jaringan lunak hanya mengandung 10%. Dalam hal mineral fosfor, 80% terdapat di dalam jaringan keras dan 20% terdapat dalam jaringan lunak, terutama sebagai gugusan asam fosfat. Kadar P di dalam tubuh sekitar 8% berat badan.

Fosfor terdapat di dalam jaringan keras lebih rendah dibandingkan dengan kalsium (Ca), tetapi di dalam jaringan lunak bagian fosfor (P) yang ada lebih tinggi di bandingkan dengan kalsium. Banyak mekanisme proses transpor energi dikaitkan pada ikatan fosfat, seperti ATP dan ADP, keratin fosfat dan fosfoenol piruvat. Berbagai metabolit yang memegang fungsi penting mengandung fosfat dan metabolisme zat-zat gizi banyak yang dimulai dengan fosforilasi, biasanya dengan peran serta ATP (Yuyum Rumdasih, 2004; 26).

Menurut Sarwono Waspadji mengenai *Indeks Glikemiks* berbagai makanan Indonesia terlihat kandungan fosfor yang terdapat dalam kacang hijau adalah 340 mg (Sarwono Waspadji 2003; 231). Menurut Sunita Almatsier kandungan fosfor dalam kacang hijau adalah 320 mg (Sunita Almatsier, 2001; 245). Menurut Oe kam Nio kandungan fosfor dalam kacang hijau adalah 320 mg (Oe Kam Nio). Menurut Ali Khomsan kandungan fosfor dalam kacang hijau 326 mg (Ali khomsan 2006; 11-12). Kandungan gizi kacang hijau secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Gizi Kacang Hijau Per 100 g

Komponen gizi	Jumlah
Air	11,7
Energi	340

Komponen gizi	Jumlah
Protein (mg)	24,1
Lemak (mg)	1,3
Karbohidrat (mg)	60,3
Serat (G)	4,9
Abu (G)	2,6
Kalsium (mg)	124
Fosfor (mg)	326
Fe (mg)	5,1
Na (mg)	35
Vitamin. A (IU)	120
Vitamin B1 (IU)	0,47
Vitamin B2 (IU)	0,39

Sumber: *Composition Of Foods, Agriculture Handbook No.8, Agricultural Research Service, US Departement of Agriculture by Bernice K Watt and Annabel L Moril 1975 Washington, DC* (Sarwono Waspadji 2003; 231)

Pada umumnya kacang hijau banyak dikonsumsi oleh orang dewasa maupun anak-anak sampai balita. Kebanyakan orang mengkonsumsi kacang hijau hanya sesekali dan sebatas mengkonsumsi saja tanpa memperhatikan kandungan gizi yang terdapat dalam kacang hijau, padahal dari hasil penelitian kacang hijau banyak mengandung fosfor yang sangat bermanfaat untuk memperkuat kerangka tulang dan gigi. Angka kecukupan fosfor rata-rata sehari untuk Indonesia ditetapkan untuk bayi 200-250 mg, untuk anak-anak 250-400 mg, untuk remaja dan dewasa 400-500 mg, ibu hamil dan menyusui 200-300 mg.

Fungsi fosfor dalam ketersediaannya di dalam tubuh yaitu:

1. Mempengaruhi semua proses perombakan dan pembentukan zat
2. Membentuk fosfatida, yaitu bagian penting dari plasma
3. Pembelahan inti sel dan memindahkan sifat-sifat turunan
4. Membentuk matriks tulang (bersama-sama dengan Kalsium)
5. Membantu proses pengerutan otot (Marsetyo, 2008; 91-92).

Fosfor merupakan bagian dari asam nukleat DNA dan RNA yang terdapat dalam tiap inti sel dan sito plasma tiap sel hidup. Sebagai fosfolipid, fosfor merupakan komponen struktural dinding sel (Sunita Almatsier, 2001; 243). Fosfor terdapat

di dalam jaringan keras dalam jumlah lebih rendah dibandingkan dengan Ca, tetapi di dalam jaringan lunak bagian P yang ada lebih tinggi dibandingkan dengan Ca. Banyak mekanisme proses transpor energi dikaitkan pada ikatan fosfat, seperti ATP dan ADP, keratin fosfat dan fosfoenol piruvat. Berbagai metabolit yang memegang fungsi penting mengandung fosfat dan metabolisme zat-zat gizi banyak yang dimulai dengan fosforilasi, biasanya dengan peran serta ATP (Yuyum Rumdasih, 2004; 26).

Dari uraian di atas jelas terlihat bahwa didalam kacang hijau mengandung fosfor antara 320-340 mg yang relative tinggi. Dan karena fosfor memegang peranan penting dalam tubuh manusia maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian guna untuk membuktikan apakah benar didalam kacang hijau terdapat kandungan fosfor yang relative tinggi dengan judul "Analisa Kadar Fosfor Dalam Kacang Hijau Dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis Di Pasar Pekanbaru".

2. METODOLOGI PENELITIAN

1. Pembuatan Pereaksi molibdat vanadat

Larutan ini dibuat dengan melarutkan 20 g amonium malibdat kedalam 200 mL aquadest panas kemudian dinginkan. Melarutkan 1,0 g amonium metavanadat kedalam 125 mL aquadest panas, dan mendinginkannya kemudian menambahkan 160 mL HCl, dan memasukkannya kedalam labu ukur 1 liter. Pertama memasukkan larutan vanadat kemudian menambahkan larutan molibdat sambil diaduk dan terakhir menambahkan aquadest sampai tanda batas.

2. Pembuatan Larutan Standart Fosfor

Larutan baku induk, menimbang $\pm 1,5354$ g KH_2PO_4 (Pa) dan mengeringkannya di dalam oven selama 2 jam pada suhu 105°C kemudian memindahkannya secara kuantitatif kedalam labu ukur 50 mL, menambahkan aquadest sebagai pelarut sampai tanda batas kemudian dinginkan dalam lemari pendingin.

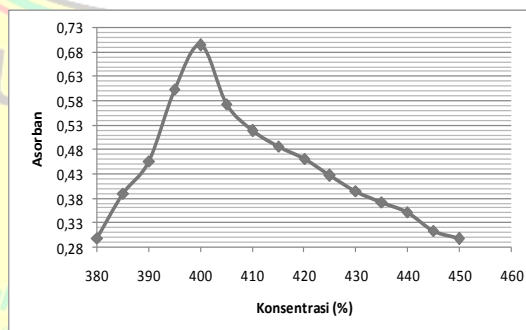
3. Preparasi sample (Kacang Hijau)

Cara kerja:

Menimbang dengan seksama 10,0 g sampel kedalam cawan porselen dengan mengarangkan diatas api bunsen, memasukkan sampel kedalam oven selama 3 jam untuk mengurangi kadar air, memasukkan sampel kedalam tanur pengabuan pada suhu 600°C sampai bebas karbon (3-4 jam) dan dinginkan, memasukkan abu sampel kedalam beker glas 250 mL, menambahkan 40 mL HCl (1:3) dan beberapa tetes HNO₃, memanaskan dalam *water batch*, dan dinginkan, memindahkan secara kuantitatif kedalam labu ukur 10 mL, menambahkan aquadest sampai tanda batas.

435	0,3723
440	0,3509
445	0,3128
450	0,2969

Berikut adalah kurva panjang gelombang optimum antara absorban dengan panjang gelombang.



Gambar 1. Hasil Penentuan Panjang Gelombang Optimum

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Penentuan Panjang Gelombang Optimum

Sebelum dilakukan analisa kadar dengan menggunakan metode spektrofometri UV-VIS terlebih dahulu dilakukan penentuan panjang gelombang optimum, meskipun panjang gelombang tersebut sudah diketahui dalam literatur. Hal ini dikarenakan panjang gelombang suatu senyawa dapat berbeda bila ditentukan pada kondisi dan alat yang berbeda. Penentuan panjang gelombang pada penelitian ini dilakukan pada larutan 0,3 % dengan *range* 380-450 dengan kenaikan 5 nm. dan berikut data panjang gelombang dan absorbansi masing-masing.

Tabel 2. Hasil pencarian panjang gelombang (λ) Optimum.

Panjang gelombang (λ)	Absorban (A)
380	0,2986
385	0,3895
390	0,4565
395	0,6042
400	0,6941
405	0,5738
410	0,5183
415	0,4862
420	0,4615
425	0,4267
430	0,3941

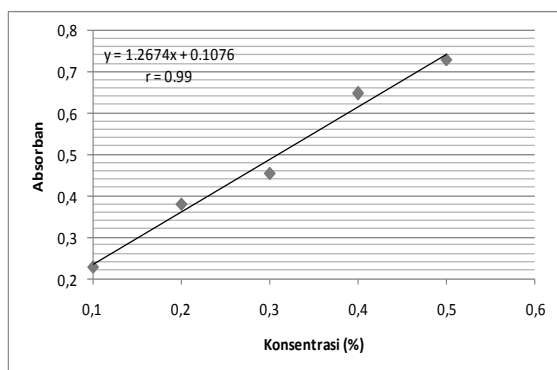
2. Pembuatan kurva kalibrasi standar

Dibuat larutan seri satandar dari larutan induk 0,7%. Dipipet larutan induk sebanyak 1.4; 2.8; 4.2; 5.7; dan 7.1 mL sehingga larutan tersebut mempunyai konsentrasi, 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; dan 0.5 %. Ialu dimasukkan dalam labu 10 mL tambahkan pereaksi molibdat-vanadat 2 mL kemudian diencerkan sampai tanda batas, absorban diukur pada panjang gelombang 400 nm.

Pada penelitian ini didapatkan data absorban pada setiap konsentrasi dari larutan standar sebagai berikut:

Tabel 3. Kurva Kalibrasi

Konsentrasi (%)	Absorbansi (A)
0,1	0,2287
0,2	0,3795
0,3	0,4540
0,4	0,6477
0,5	0,7293



Gambar 2. Kurva Kalibrasi

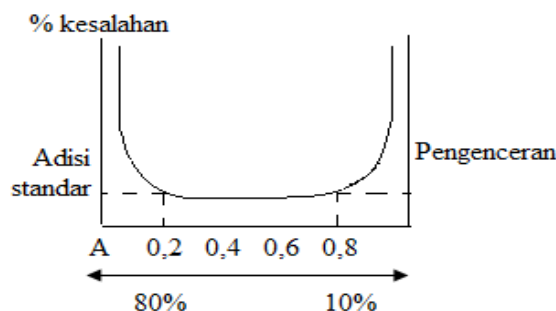
Pada uji linieritas penentuan regresi dari standard kurva kalibrasi, diperoleh koefisien korelasi dan diketahui kondisi alat spektrofotometer yang digunakan sudah mewakili jumlah sampel. Hasil dari kurva kalibrasi standar diperoleh nilai korelasi r sebesar 0,99 yang menunjukkan ada hubungan linier yang erat antara konsentrasi yang diukur dengan absorban yang dihasilkan. Setelah melalui perhitungan regresi linier kurva standar, $Y = a + bX$, maka didapatkanlah $y = 0,1076 + 1,2674x$. Sehingga dapat menghitung konsentrasi tiap sampel kacang hijau.

Pada penelitian ini telah diperoleh hasil pada larutan standar dimana nilai absorbansi meningkat seiring dengan peningkatan nilai konsentrasi, dapat dilihat dimana pada konsentrasi 0,1% diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,2287 dan pada konsentrasi 0,5% diperoleh absorbansi 0,7293. Sedangkan pada pengujian absorbansi konsentrasi sampel, nilai absorbansi pun berbanding lurus dengan nilai konsentrasi fosfor pada sampel.

3. Larutan standar fosfor

Dalam menggunakan spektrofotometer, untuk menghindari kesalahan pengukuran, sebaiknya bekerja pada larutan dengan konsentrasi dimana transmitannya antara 20 - 80% atau absorbansinya antara 0,2 - 0,8. Dari kondisi ini diharapkan kesalahan dalam pembacaan T adalah 0,005 atau 0,5% (kesalahan fotometrik) sebagaimana gambar IV.4 Apabila absorban berada diatas 0,8 maka dilakukan pengenceran pada larutan standar, dan apabila absorban berada dibawah 0,2 maka dilakukan internal standart. Dengan menggunakan absorban

antara 0,2 - 0,8 maka dapat memperkecil kesalahan dalam penelitian.



Gambar 3. Perlakuan Larutan Standar/ Sampel Terhadap Absorban Pada Spektrofotometer.

Larutan baku yang dipergunakan untuk membandingkan kandungan fosfor dalam sampel adalah larutan baku KH_2PO_4 , sebelum larutan dibuat, KH_2PO_4 dikeringkan terlebih dahulu didalam oven selama 3 jam pada suhu 105°C , hal ini dilakukan untuk menghilangkan kadar air (H_2O) yang terkandung dalam bahan untuk menghindari terjadinya reaksi kompleksometri yang lain dari pereaksi molibdat-vanadat dengan air tersebut.

Setelah bahan KH_2PO_4 dikeringkan dalam oven, lalu dibuat larutan standar (larutan baku induk) sebagai standar atau acuan perhitungan fosfor pada sampel. Pertama-tama dibuat larutan induk 0,7% dalam labu 50 mL kemudian dibuat larutan seri standar dengan konsentrasi 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, dan 0.5 %. Setelah itu terbentuklah larutan standar.

4. Penentuan Kadar Fosfor Dalam Sampel Kacang Hijau (*Phaseolus Radiatus. L.*)

Pembuatan larutan uji, dimulai dengan menimbang sampel kacang hijau sebanyak 10 gram, lalu di masukkan dalam oven dengan suhu 105°C selama 3-4 jam. Setelah sampel selesai di oven, kemudian dilakukan proses pengabuan yaitu dengan memasukkan sampel kedalam tanur untuk proses pengabuan pada suhu 600°C selama 4 jam sampai bebas karbon dan dinginkan. Pengabuan yang sempurna biasanya ditandai dengan sampel yang telah berubah menjadi abu berwarna putih setelah sampel jadi abu,

kemudian dipindahkan secara kuantitatif kedalam beaker glass dan ditambahkan dengan 40 mL HCl (1:3) dan beberapa tetes HNO₃ 65% dan dipanaskan selama 30 menit dalam water bath pada suhu 70 °C, hal ini dilakukan bertujuan untuk proses destruksi sampel.

Setelah sampel selesai didestruksi, maka selanjutnya dimasukkan secara kuantitatif kedalam labu 10 mL dan ditambah pereaksi molibdat-vanadat lalu ditambahkan aquadest sampai tanda batas dan didiamkan selama 10 menit untuk pembentukan warna.

Kemudian diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 400 nm. Nilai absorbansi yang telah diperoleh nantinya akan dihubungkan dengan metode regresi linear, terhadap nilai pada larutan standar pada tiap konsentrasi untuk mendapatkan nilai konsentrasi pada sampel.

Larutan baku yang dipergunakan untuk membandingkan kandungan fosfor dalam sampel adalah larutan baku KH₂PO₄, sebelum larutan dibuat, KH₂PO₄ dikeringkan terlebih dahulu didalam oven selama 3 jam pada suhu 105 °C, hal ini dilakukan untuk menghilangkan kadar air (H₂O) yang terkandung dalam bahan untuk menghindari terjadinya reaksi kompleksometri yang lain dari pereaksi molibdat-vanadat dengan air tersebut.

Tujuan Analisa kadar fosfor

Fosfor merupakan mineral kedua terbanyak di dalam tubuh, yaitu 1% dari berat badan. Kurang lebih 85% fosfor di dalam tubuh terdapat sebagai garam kalsium fosfat di dalam tulang dan gigi yang tidak dapat larut. Fosfor di dalam tulang berada dalam perbandingan 1:2 dengan kalsium. Fosfor selebihnya terdapat di dalam semua sel tubuh, separuhnya di dalam otot dan di dalam cairan ekstraselular. Sebagai fosfolipid, fosfor merupakan komponen struktural dinding sel. Sebagai fosfat organik, fosfor memegang peranan penting dalam reaksi yang berkaitan dengan penyimpanan atau pelepasan energi dalam bentuk Adenin Trifosfat

Pada umumnya bahan makanan yang mengandung banyak kalsium merupakan juga sumber fosfor, seperti susu, keju, daging, ikan,

telur, serelia. Akan tetapi fosfor dalam serelia pada umumnya terdapat dalam bentuk asam fosfat yang dapat mengikat kalsium hingga terbentuk komponen yang tidak dapat dicerna dan diserap (Katarin Sitompul, 2009; 4)

Maka tujuan analisa kadar fosfor dalam kacang hijau adalah untuk mengetahui kandungan fosfor dalam kacang hijau di pasar Pekanbaru.

Tabel 4. Hasil Absorbansi Sampel

Sampel	Absorbansi		
	1	2	3
1	0,3041	0,3320	0,3127
2	0,3487	0,3289	0,3149
3	0,3454	0,3263	0,3329

5. Analisis kuantitatif fosfor

Analisis dilakukan secara spektrofotometri sinar tampak. Prinsipnya yaitu sampel diperlakukan dengan asam nitrat untuk mengubah semua metafosfat dan pirofosfat menjadi ortofosfat yang ada dalam sampel akan bereaksi dengan pereaksi-pereaksi tersebut dan membentuk kompleks asam vanadi-molibdat yang berwarna kuning. Intensitas warna dari senyawa kompleks tersebut dapat diukur dengan spektrofotometer panjang gelombang 400 nm dan dibandingkan dengan standar fosfor yang telah diketahui konsentrasinya.

Tabel 5. Perolehan Kadar Fosfor Dalam Sampel

Sampel	Kadar	Ulangan			Kadar Fosfor Rata-rata (mg/10g)
		1	2	3	
1	Fosfor	77,5	88,5	80,9	82,3 [☆]
2	Fosfor	95,1	87,3	81,75	88,05
3	Fosfor	93,8	86,25	88,85	89,63 ^{☆☆}

Keterangan:

1. Sampel varietas Finna dari Pasar Arengka (☆= Kadar terendah)
2. Sampel varietas Sriti dari Pasar Panam
3. Sampel varietas Mawarjaya dari Pasar Giant (☆☆= Kadar tertinggi).

Dari hasil penelitian ini didapat sampel kacang hijau dari pasar Giant mengandung kadar fosfor tertinggi yaitu sebesar 89,63 mg/10gr

kacang hijau, sedangkan kacang hijau dari pasar arengka sebesar 82,3 mg/10gr.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis sampel kacang hijau yang didapat dari pasar arengka, pasar panam, pasar giant terdapat kadar fosfor rata-rata antara 82,3-89,63 mg/10g. Dan kadar fosfor tertinggi terdapat dalam sampel yang berasal dari pasar Giant yaitu varietas Mawarjaya, sedangkan yang terendah dari pasar Arengka yaitu varietas Finna. Setelah melakukan penelitian analisa kadar fosfor pada kacang hijau dapat diketahui nilai absorbansi dan konsentrasi yang terkandung dalam bahan pangan tersebut serta dapat mengetahui cara pengujiannya. Nilai absroban selalu berbanding lurus dengan nilai konsentrasi.

Disarankan kepada peneliti selanjutnya agar dapat menganalisa kadar fosfor dalam kacang-kacangan yang lain menggunakan metode spektrofotometri. Selanjutnya kepada masyarakat pada umumnya dan kepada ibu-ibu hamil pada umumnya agar mengkonsumsi kacang hijau dalam jumlah banyak karena didalam kacang hijau terdapat kandungan fosfor yang tinggi yang sangat dibutuhkan oleh tubuh untuk awal pembentukan tulang dan gigi.

5. DAFTAR PUSTAKA

Ali Khomsan, *Solusi Makanan Sehat*, PT Raja Grafindo Persada, Jakarta, 2006, h. 11-12.

Atman, *Teknologi Budidaya Kacang Hijau Dilahan Sawah*, Peneliti balai pengkajian teknologi pertanian, Sumatra Barat, 2007, h. 1.

Departemen Gizi dan Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat, *Gizi dan kesehatan masyarakat*, PT Raja Grafindo Persada UI, Jakarta, 2008, h. 138.

Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura, *Buku Statistik Pertanian Tanaman Pangan Dan Hortikultura*, Pekanbaru, 2009, h. 122.

Katarin Sitompul, *Penetapan Kadar Fosfor Dalam Buah Apel Secara Spektrofotometri Sinar Tampak*, (Sumatera Utara, 2009) h. 4.

Marsetyo, Kartasapoetra.G, *Ilmu gizi, Rineka Cipta, Jakarta*, 2008, h. 91-92.

Oe Kam Nio, *Daftar Analisis Bahan Makanan*, Balai Penerbit Fakultas Kedokteran UI, Jakarta, 1992, h. 14.

Sarwono Waspadji, *Indeks Glikemik Berbagai makanan Indonesia Hasil Penelitian*, Balai Penerbit Fakultas Kedokteran UI, Jakarta, 2003, h. 231.

TINGKAT KECEMASAN KELUARGA PASIEN SAAT MENUNGGU ANGGOTA KELUARGA YANG DIRAWAT DI RUANG ICU RUMAH SAKIT ISLAM IBNU SINA PEKANBARU

Neneng Astuti, Yesi Sulastris

Program Studi DIII Keperawatan, Fakultas MIPA dan Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Riau
Jln. K.H. Ahmad Dahlan No.88 Sukajadi Pekanbaru
Telp. (0761) 35008, 20497, Fax. (0761) 36912, e-mail: go_ners@yahoo.com

ABSTRAK

Kecemasan dapat timbul secara otomatis akibat dari stimulus internal dan eksternal yang berlebihan sehingga melampaui kemampuan individu untuk menanganinya maka timbul cemas. dampak dari kecemasan akan mempengaruhi pikiran dan motivasi sehingga keluarga tidak mampu mengembangkan peran dan fungsinya yang bersifat mendukung terhadap proses penyembuhan dan pemulihan anggota keluarganya yang sedang dirawat di ruang ICU (Keltner, 1995; Sibuea, 2010). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui gambaran tingkat kecemasan keluarga pasien saat menunggu anggota keluarga yang dirawat di ruang ICU Rumah Sakit Islam Ibnu Sina Pekanbaru. Penelitian ini menggunakan METODOLOGI PENELITIAN deskriptif kuantitatif, pengambilan sampel penelitian menggunakan teknik aksidental sampling, pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan instrumen HARS (Hamilton Anxiety Rating Scale). Hasil penelitian dari 40 responden, secara umum mayoritas responden merasakan kecemasan sedang dengan persentase sebesar 72,5%, sebagian kecil responden merasakan kecemasan ringan dengan persentase 15% dan sebagian kecil responden merasakan kecemasan berat dengan persentase 12,5%. Berdasarkan hasil penelitian, maka penulis menyarankan agar bidang keperawatan membentuk divisi khusus yang bertugas menjadi konsultan bagi keluarga pasien yang mengalami kecemasan di ruang tunggu ICU, yang berguna untuk mengantisipasi agar rasa cemas keluarga tidak sampai ke tingkat berat dan panik..

Kata Kunci: Tingkat Kecemasan, Keluarga Pasien, Intensive Care Unit

1. PENDAHULUAN

Kecemasan merupakan respon individu terhadap suatu keadaan yang tidak menyenangkan yang dialami oleh setiap makhluk hidup dalam kehidupan sehari-hari. Kecemasan merupakan pengalaman subjektif dari individu dan tidak dapat diobservasi secara langsung serta merupakan suatu keadaan emosi tanpa objek yang spesifik (Suliswati, 2005).

Sebuah keluarga merupakan unit dasar dari masyarakat dimana anggotanya mempunyai suatu komitmen untuk memelihara satu sama lain baik secara emosi maupun fisik. Sebuah keluarga dapat dipandang sebagai sistem terbuka. Suatu perubahan atau gangguan pada salah satu bagian dari sistem dapat mengakibatkan perubahan atau gangguan dari seluruh sistem. Stres atau cemas yang dihadapi dan dialami oleh salah satu anggota keluarga mempengaruhi seluruh keluarga. Cemas disebabkan oleh karena krisis situasi, tidak

terpenuhinya kebutuhan, perasaan tidak berdaya dan kurang kontrol pada situasi kehidupan (Surtydewi, 2007).

Kondisi sakit tidak dapat dipisahkan dari peristiwa kehidupan. Klien dan keluarganya harus menghadapi berbagai perubahan yang terjadi akibat kondisi sakit dan pengobatan yang dilaksanakan. Keluarga umumnya akan mengalami perubahan perilaku dan emosional, setiap orang mempunyai reaksi yang berbeda-beda terhadap kondisi yang dialami. Penyakit yang berat, terutama yang dapat mengancam kehidupan, dapat menimbulkan perubahan perilaku yang lebih luas, kecemasan, syok, penolakan, marah. Hal tersebut merupakan respon umum yang disebabkan oleh stres (Potter, 2005).

Kecemasan dapat timbul secara otomatis akibat dari stimulus internal dan eksternal yang berlebihan sehingga melampaui kemampuan individu untuk menanganinya maka timbul cemas.

Dampak dari kecemasan akan mempengaruhi pikiran dan motivasi sehingga keluarga tidak mampu mengembangkan peran dan fungsinya yang bersifat mendukung terhadap proses penyembuhan dan pemulihan anggota keluarganya yang sedang dirawat di ruang ICU (Keltner, 1995; Sibuea, 2010). Anggota keluarga akan mengalami kecemasan saat menghadapi salah satu anggota keluarga yang dirawat, peneliti yang saat ini bertugas di ruang ICU akan meneliti sejauh mana tingkat kecemasan keluarga pasien saat menunggu anggota keluarga yang dirawat di ruang ICU.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan METODOLOGI PENELITIAN deskriptif kuantitatif, yaitu untuk mendapatkan gambaran tingkat kecemasan keluarga pasien saat menunggu di ruang *Intensive Care Unit* Rumah Sakit Islam Ibnu Sina Pekanbaru. Pengambilan sampel penelitian menggunakan teknik *accidental sampling* pada keluarga pasien yang berkunjung selama bulan Februari 2011, dengan jumlah sampel seluruhnya adalah 40 responden. Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan instrumen HARS (*Hamilton Anxiety Rating Scale*). Cara penilaian penggunaan instrumen dalam penelitian ini dengan memberikan skor 0-4 pada masing-masing pertanyaan, yaitu: skor 0 (tidak ada gejala/keluhan); skor 1 (gejala ringan); skor 2 (gejala sedang); skor 3 (gejala berat), dan skor 4 (gejala berat sekali/panik) (Hawari, 2001). Analisis data dilakukan dengan menggunakan derajat tingkat kecemasan, yaitu: <14 (tidak cemas); 14-20 (kecemasan ringan); 21-27 (kecemasan sedang); 28-41 (kecemasan berat); dan 42-56 (kecemasan berat sekali/panik) (Nursalam (2008).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian melalui pengumpulan data yang diikuti oleh 40 responden, yaitu keluarga pasien yang sedang menunggu anggota keluarga yang dirawat di ruang *Intensive Care Unit* Rumah Sakit Islam Ibnu Sina Pekanbaru dari tanggal 02-27 Februari 2011.

Tabel 1. Distribusi Frekuensi Karakteristik Responden di Ruang Tunggu Intensive Care Unit Rumah Sakit Islam Ibnu Sina Pekanbaru (n=40)

Karakteristik Responden	f	%
Umur (tahun)		
a. 19-34	17	42,5
b. 35-50	9	22,5
c. 51-66	14	35,0
Jenis Kelamin		
a. Laki-laki	15	37,5
b. Perempuan	25	62,5
Pendidikan		
a. SD	5	12,5
b. SMP	6	15,0
c. SMA	18	45,0
d. PT	11	27,5
Pekerjaan		
a. PNS	3	7,5
b. Pegawai Swasta	14	35,0
c. Wiraswasta	10	25,0
d. Petani	2	5,0
e. IRT	11	27,5

Berdasarkan tabel 1. di atas, dapat dilihat bahwa mayoritas responden berumur 19-34 tahun berjumlah 17 responden (42,5%), jenis kelamin mayoritas adalah perempuan berjumlah 25 responden (62,5%), pendidikan terakhir mayoritas SMA berjumlah 18 responden (45%), dan mayoritas bekerja sebagai pegawai swasta berjumlah 14 responden (35,0%).

Tabel 2. Distribusi Frekuensi Tingkat Kecemasan Responden di Ruang Tunggu Intensive Care Unit Rumah Sakit Islam Ibnu Sina Pekanbaru (n=40).

Tingkat Kecemasan	f	%
Tidak cemas	-	-
Kecemasan ringan	6	15,0
Kecemasan sedang	29	72,5
Kecemasan berat	5	12,5
Kecemasan berat sekali/panik	-	-

Berdasarkan tabel 2. di atas, dapat dilihat bahwa mayoritas responden merasakan kecemasan sedang berjumlah 29 responden (72,5%), sebagian kecil responden merasakan kecemasan ringan berjumlah 6 responden (15%)

dan sebagian kecil responden merasakan kecemasan berat berjumlah 5 responden (12,5%).

Hasil penelitian di atas menunjukkan perbedaan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sibuea (2010), yang meneliti tentang tingkat kecemasan keluarga pasien saat menunggu anggota keluarga dirawat di ruang ICU Rumah Sakit Immanuel Bandung, menyimpulkan bahwa dari 30 responden hampir seluruh responden merasakan cemas berat yang berjumlah 25 responden (83%), sebagian kecil responden merasakan cemas sedang berjumlah 3 responden (10%) dan sebagian kecil responden mengalami panik berjumlah 2 responden (7%).

Respon kecemasan yang muncul pada keluarga pada pasien yang menunggu anggota keluarga yang dirawat di ruang ICU sangat berbeda untuk tiap individu, sesuai dengan pernyataan responden yang menunjukkan bahwa ada yang merasa sedih, berdebar-debar, dan kesulitan tidur, semua ini merupakan tanda dari seseorang yang mengalami kecemasan tingkat sedang, tapi ada juga keluarga yang mengalami tingkat kecemasan berat dengan ditandai bingung, gelisah, sulit konsentrasi, takut anggota keluarga meninggal atau takut kehilangan keluarga. Respon kecemasan yang muncul pada keluarga pada pasien yang dirawat di ruang ICU termasuk rentang respon yang adaptif dan belum mengarah ke respon mal adaptif. Hal ini disebabkan karena mekanisme koping yang digunakan oleh keluarga dalam menghadapi suatu stressor sudah cukup baik dan dapat beradaptasi dengan segala permasalahan baik itu dari dalam maupun dari luar diri keluarga itu sendiri.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian di atas menunjukkan bahwa

mayoritas responden merasakan kecemasan sedang berjumlah 29 responden (72,5%), sebagian kecil responden merasakan kecemasan ringan berjumlah 6 responden (15%) dan sebagian kecil responden merasakan kecemasan berat berjumlah 5 responden (12,5%).

Berdasarkan hasil penelitian di atas, maka diharapkan kepada bidang keperawatan untuk membentuk divisi khusus yang bertugas menjadi konsultan bagi keluarga pasien yang mengalami kecemasan di ruang tunggu ICU, yang berguna untuk mengantisipasi agar rasa cemas keluarga tidak sampai ke tingkat berat dan panik.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Hawari, D. (2001). *Manajemen stress, cemas dan depresi*. Jakarta: Balai Penerbit FK UI.
- Nursalam. (2008). *Konsep dan penerapan metodologi penelitian ilmu keperawatan: pedoman skripsi, tesis dan instrumen penelitian keperawatan*. Jakarta: Salemba Medika.
- Potter, P. A. (2005). *Buku ajar fundamental keperawatan dan praktik*. Edisi 4. Jakarta: EGC.
- Sibuea E. (2010). *Tingkat kecemasan keluarga pasien saat menunggu anggota keluarga dirawat di ruang ICU Rumah Sakit Immanuel Bandung*. http://www.rsimmanuel.com/index.php?option=com_content&view=article&id=133amp;Itemid=133.
- Suliswati. (2005). *Konsep dasar keperawatan kesehatan jiwa*. Jakarta: EGC.
- Surtydewi, L. (2007). *Peran unit stroke dalam tatalaksana stroke komprehensif*. Jakarta: Balai Penerbit FK UI.

HUBUNGAN ANTARA TINGKAT PENGETAHUAN TENTANG PENYAKIT SCABIES DENGAN PERILAKU PENCEGAHAN PENYAKIT SCABIES PADA SISWA MTs. DAR – EL HIKMAH PEKANBARU

Isnaniar

Program Studi D. III Keperawatan, Fakultas MIPA dan Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Riau, Jalan K.H. Ahmad Dahlan No. 88, Sukajadi Pekanbaru – 28124 Telp. (0761) 35008, 20497
Email: isnaniariis@yahoo.com

ABSTRAK

Scabies sering dinyatakan sebagai penyakit langganan anak pesantren. Diperkirakan sanitasi lingkungan yang buruk di Pondok Pesantren merupakan faktor dominan yang berperan dalam penularan dan tingginya angka prevalensi penyakit Scabies diantara santri di Ponpes. Tinggal satu kamar, ditambah kebiasaan saling bertukar pakaian, handuk, dan perlengkapan pribadi memang meningkatkan risiko penularan. Tujuan dilakukan penelitian ini untuk mengidentifikasi hubungan antara tingkat pengetahuan tentang penyakit Scabies terhadap perilaku pencegahan penyakit Scabies pada siswa MTs. Dar – El Hikmah Pekanbaru. Penelitian ini merupakan penelitian korelasi dengan pendekatan cross sectional study. Alat ukur yang digunakan adalah kuisioner, analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah analisis univariat dan bivariat berdasarkan uji chi square dengan derajat kepercayaan $\alpha = 0,05$. cara pengambilan sample dengan purposive sampling dimana jumlah sample 266 siswa sesuai dengan criteria yang telah ditetapkan oleh peneliti. Hasil penelitian dengan univariat menunjukkan bahwa responden memiliki tingkat pengetahuan rendah yaitu 121 orang (45,5%), dan berperilaku sehat yaitu 144 siswa (54,1%), serta hasil analisis bivariat didapatkan tidak ada hubungan antara tingkat pengetahuan terhadap perilaku dengan nilai $p = 0,441$. Akan tetapi responden yang memiliki pengetahuan tinggi sebagian besar berperilaku sehat yaitu sebanyak 49 responden (59,0%), sedangkan persentase responden dengan tingkat pengetahuan rendah yang berperilaku sehat lebih kecil dibandingkan responden dengan pengetahuan rendah, yaitu 65 responden (53,7%). Hal ini dapat dijadikan dasar perlunya peningkatan pengetahuan dalam pembentukan perilaku hidup sehat dan disarankan kepada petugas kesehatan di komunitas agar dapat selalu memberi pendidikan kesehatan untuk meningkatkan pengetahuan siswa tentang penyakit Scabies.

1. PENDAHULUAN

Scabies adalah penyakit zoonosis yang menyerang kulit, mudah menular dari manusia ke manusia, dari hewan ke manusia atau sebaliknya, dapat mengenai semua ras dan golongan di seluruh dunia yang disebabkan oleh tungau (kutu atau mite) *Sarcoptes scabiei* (Buchart & Rosendal, 1997). Faktor yang berperan dalam penularan penyakit ini adalah sosial ekonomi yang rendah, hygiene perorangan yang jelek, lingkungan yang tidak saniter, perilaku yang tidak mendukung kesehatan, serta kepadatan penduduk. Faktor yang paling dominan mempengaruhi terjadinya penyakit scabies pada kelompok masyarakat di negara berkembang adalah factor kemiskinan dan hygiene perorangan yang jelek (Carruthers, 1978; Kabulrachman, 1992).

Prevalensi penyakit Scabies di Indonesia adalah sekitar 6%-27% dari populasi umum dan cenderung lebih tinggi pada anak dan remaja. Penyakit ini masih merupakan masalah kesehatan yang utama di Indonesia, diantaranya adalah di Kabupaten Buru (Maluku). Dari data 10 penyakit terbanyak tahun 2004, penyakit scabies berada pada urutan keempat (30%). Selain itu dari laporan kesehatan pengungsi akibat kerusuhan di Maluku, penyakit scabies masih merupakan penyakit terbanyak yaitu sebesar 29,5% (Abdul Rahim, 2006).

Menurut Dep.Kes Aceh Utara (2003), 383 pengungsi banjir di Reuleut, Aceh Utara mulai dari usia satu tahun menderita penyakit Scabies. Penyakit kulit ini mirip cacar air yang bisa mengakibatkan kulit penderita bintik-bintik dan bernanah (Hr. Suara Pembaharuan, 2003).

Di Provinsi Riau, data Scabies ditemukan di Rokan Hilir yaitu dari 250 orang masyarakat di Kepenghuluan Airhitam terhitung bulan Desember 2006 di Pustu Kepenghuluan Airhitam, masyarakat yang menderita penyakit gatal-gatal atau Scabies sebanyak 96 orang (38,4%). Data ini termasuk dari kepenghuluan Pujud dan Siarang-arang serta Tanjungmedan yang juga termasuk daerah langganan banjir yang ada di Kecamatan Pujud (Riau Pos, 2006)

Scabies sering dinyatakan sebagai penyakit langganan anak pesantren. Di pondok pesantren (Pon.Pes) Kabupaten Lamongan (Jawa Timur) Santri yang tinggal di pemondokan dengan kepadatan hunian tinggi sebanyak 245 orang mempunyai prevalensi penyakit Scabies 71,40% (M., Soedjadi. K & Hari B.N, 2005). Diperkirakan sanitasi lingkungan yang buruk di Pondok Pesantren merupakan faktor dominan yang berperan dalam penularan dan tingginya angka prevalensi penyakit Scabies diantara santri di Ponpes (Dinkes Prop Jatim, 1997). Tinggal satu kamar, ditambah kebiasaan saling bertukar pakaian, handuk, dan perlengkapan pribadi memang meningkatkan risiko penularan.

Penularan Scabies terjadi bila kebersihan pribadi dan lingkungan tidak terjaga dengan baik. Faktanya, sebagian pesantren tumbuh dalam lingkungan yang kumuh, tempat mandi dan WC yang kotor, lingkungan yang lembab, dan sanitasi buruk. Ditambah lagi dengan perilaku tidak sehat, seperti menggantung pakaian di kamar, tidak membolehkan pakaian santri wanita dijemur di bawah terik matahari, dan saling bertukar pakai benda pribadi, seperti sisir dan handuk.

Ironisnya, fakta dan kebiasaan tersebut sangat bertolak belakang dengan prinsip kebersihan yang dijunjung tinggi dalam ajaran agama Islam. Ajaran Islam mengajarkan tentang najis, aturan untuk bersuci, bahkan Rasulullah SAW pun menegaskan bahwasannya "Kebersihan itu adalah sebagian dari iman".

Perilaku seseorang atau masyarakat tentang kesehatan ditentukan oleh pengetahuan, sikap, kepercayaan, tradisi dan sebagainya dari orang atau masyarakat yang bersangkutan. Pembentukan perilaku itu sendiri melalui tiga

tahapan yaitu pengetahuan, sikap dan tindakan (praktik). Hal ini diperkuat oleh beberapa penelitian, diperoleh gambaran bahwa terdapat hubungan yang bermakna antara pengetahuan responden dengan perilaku pencegahan suatu penyakit (Sekartini. R, 2002 & Mustafa ahmad said, 2006). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pengetahuan merupakan factor penting didalam pembentukan perilaku hidup sehat

Hasil penelitian tersebut tidak sesuai dengan situasi dan kondisi siswa di pondok pesantren Dar- El Himah Pekanbaru dimana salah satu materi yang diberikan pada proses belajar mengajar adalah *Thaharah*, yaitu bersuci, yang intinya mengajarkan tentang kebersihan sehingga diharapkan seluruh siswa dapat menunjukkan perilaku hidup sehat dalam kehidupan sehari – hari di pondok pesantren meskipun demikian, berdasarkan pengamatan peneliti bahwa masih banyak terlihat para santri yang berperilaku tidak sehat seperti kebiasaan bertukar pakaian, handuk, perlengkapan pribadi dan kurang memperhatikan kebersihan lingkungan khususnya kamar, dan juga banyak siswa yang menderita penyakit gatal- gatal pada kulit seperti Scabies.

Berdasarkan hal tersebut maka peneliti tertarik untuk mengetahui hubungan antara tingkat pengetahuan siswa tentang penyakit scabies terhadap perilaku pencegahan penyakit scabies pada siswa MTs. Pondok pesantren Dar-El Hikmah Pekanbaru.

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan bahwa ada hubungan antara pengetahuan dengan perilaku, namun di lapangan diketahui bahwa masih ditemukannya perilaku tidak sehat, meskipun siswa mendapat pengetahuan tentang hidup sehat. Berdasarkan uraian tersebut, maka peneliti merumuskan suatu rumusan permasalahan yaitu apakah ada hubungan antara tingkat pengetahuan siswa tentang penyakit scabies terhadap perilaku pencegahan penyakit scabies di MTs. Pondok Pesantren Dar-El Hikmah Pekanbaru.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Disain penelitian ini menggunakan disain korelasional dengan menggunakan pendekatan studi *cross sectional*, dimana subjek diobservasi

satu kali saja dan ukuran variable independent dan dependent dilakukan pada saat pengolahan data.

Kerangka Konsep

Kerangka konsep merupakan teori yang bisa diukur yang telah dikembangkan pada keperawatan atau disiplin ilmu lain. (Nursalam, 2001)

Pada penelitian ini terdiri dari dua variable yaitu *independent variable* dan *dependent variable* *Independent Variable* adalah tingkat pengetahuan tinggi, sedang atau rendah, sedangkan *dependent variable* adalah perilaku yang sehat atau tidak sehat dalam mencegah penyakit scabies

Lokasi

Penelitian dilakukan di MTs. Pondok Pesantren Dar- El Hikmah Pekanbaru yang berada di Jl. Manyar Sakti – Panam, hal ini dikarenakan oleh kondisi lingkungan Pon.Pes yang beresiko untuk terjadi penularan penyakit Scabies yaitu mengharuskan seluruh siswa untuk tinggal di asrama yang telah disediakan oleh pihak yayasan .

Populasi dan Sampel

Populasi penelitian ini adalah seluruh siswa MTs. Ponpes Dar-El Hikmah Pekanbaru yang berjumlah 800 siswa.

Sampel pada penelitian ini berjumlah 266 siswa ditambah antisipasi DO berjumlah 26 siswa, maka keseluruhan responden adalah 292 siswa MTs. Pon.Pes Dar-El Hikmah Pekanbaru. Pemilihan sampel ini diseleksi secara *purposive sampling*, yaitu teknik penetapan sampel dengan cara memilih sampel diantara populasi sesuai dengan yang kriteria yang telah disusun oleh peneliti sehingga sampel tersebut dapat mewakili karakteristik populasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian hubungan antara tingkat pengetahuan tentang penyakit Scabies terhadap perilaku pencegahan penyakit pada siswa MTs. Dar-El Hikmah Pekanbaru, didapatkan bahwa dari 266 responden sebagian besar terdiri dari siswa perempuan sebanyak 139 siswa (52,3%), dan sebagian besar responden pernah menderita gatal – gatal (Scabies) dalam

enam bulan terakhir yaitu sebanyak 163 siswa (61,3%). Hal ini menunjukkan bahwa dengan jumlah tersebut akan meningkatkan resiko penularan Scabies pada siswa lainnya yang ada di Pondok Pesantren tersebut karena seluruh siswa diwajibkan untuk tinggal bersama di dalam asrama dengan jumlah siswa yang banyak dalam satu kamar.

Data tingkat pengetahuan siswa tentang penyakit Scabies dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1. Distribusi Tingkat Pengetahuan Tentang Penyakit Scabies

No	Tingkat Pengetahuan	Jml	Persentase (%)
1.	Tinggi	83	31,2
2.	Sedang	62	23,3
3.	Rendah	121	45,5
Jumlah		266	100

Berdasarkan Tabel 1 didapatkan bahwa 121 siswa (45,5%) dari 266 responden memiliki tingkat pengetahuan rendah tentang penyakit scabies.

Tingkat pengetahuan seseorang dapat diperoleh dari pendidikan atau pengalaman yang sudah dilalui, hal ini sesuai dengan teori Bloom (1974). Semakin tinggi pendidikan seseorang semakin tinggi tingkat pengetahuan yang dimiliki karena semakin mudah untuk menerima dan menangkap informasi yang dibutuhkan.

Dari penelitian yang ada dapat dipahami bahwa dengan tingkat pendidikan responden yang masih setingkat MTs atau sederajat dengan SMP tentu tidaklah terlalu ironi memiliki tingkat pengetahuan yang rendah. Namun untuk meningkatkan pengetahuan siswa tentang penyakit Scabies dapat ditingkatkan melalui penyuluhan yang seharusnya dilaksanakan secara rutin oleh tenaga kesehatan sebagai upaya preventif dalam menanggulangi penularan penyakit Scabies.

Responden berperilaku sehat yaitu 144 siswa (54,1%) dari 266 responden dan responden yang berperilaku tidak sehat sebanyak 122 siswa (45,9%). Hal ini menunjukkan bahwa walaupun 121 siswa (45,5%) dari 266 siswa memiliki pengetahuan yang rendah tentang penyakit

Scabies akan tetapi sebagian besar dari responden berperilaku sehat.

Berdasarkan teori Lawrence Green (1980) menganalisa perilaku manusia dari tingkat kesehatan. Perilaku merupakan bentuk respon atau reaksi terhadap stimulus dari luar organisme, namun perilaku juga sangat tergantung factor – factor lain dari individu yang bersangkutan (Notoatmodjo, 2003). Factor – factor lain tersebut ada yang bersifat internal dan eksternal antara lain pengetahuan, sikap, kepercayaan, tradisi dan sebagainya. Ketersediaan fasilitas kesehatan dalam memelihara dan meningkatkan kesehatan yang kondusif, perlunya perubahan perilaku yang belum kondusif. Maka diperlukan adanya perubahan perilaku, pembinaan dan pengembangan perilaku.

Analisa bivariat antara pengetahuan dengan perilaku dengan menggunakan komputerisasi dapat terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Uji hubungan tingkat pengetahuan tentang penyakit scabies terhadap perilaku pencegahan penyakit scabies

No	Tingkat Pengetahuan	Perilaku				Total	
		Tidak Sehat		Sehat			
		F	%	F	%	F	%
1	Tinggi	34	41,0	49	59,0	83	100
2	Sedang	32	51,6	30	48,4	62	100
3	Rendah	56	46,3	65	53,7	121	100
Jumlah		122	45,9	144	54,1	266	100
		$\chi^2 = 1,636^a$		$p_v = 0,441$			

Hasil analisa bivariat secara uji statistic *Chi-Square* pada hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan *p. value* = 0,441, jauh lebih besar dari derajat kepercayaan yang telah ditetapkan yaitu $\alpha = 0,05$. Jadi berdasarkan analisa tersebut dapat disimpulkan bahwa tidak ada hubungan yang bermakna antar tingkat pengetahuan tentang penyakit Scabies terhadap perilaku pencegahan penyakit Scabies (Ho diterima).

Akan tetapi peningkatan pengetahuan dengan melakukan penyuluhan masih harus dilakukan, karena pada table 4.5 terlihat bahwa responden yang memiliki pengetahuan tinggi dan berperilaku sehat sebanyak 59,0% responden, yang mana lebih besar dibandingkan persentase

responden yang memiliki pengetahuan rendah dan berperilaku sehat hanya 53,7%, sehingga diharapkan akan sesuai dengan konsep perilaku bahwa pengetahuan merupakan bagian dari domain pembentukan perilaku, dengan makna bahwa individu yang memiliki pengetahuan tinggi seharusnya dapat berperilaku hidup sehat.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian dengan univariat menunjukkan bahwa responden memiliki tingkat pengetahuan rendah yaitu 121 orang (45%), dan berperilaku sehat yaitu 144 orang siswa (54,1%), serta hasil analisis bivariat didapatkan tidak ada hubungan terhadap perilaku dengan nilai $p = 0,441$. Akan tetapi responden yang memiliki pengetahuan tinggi sebagian besar berperilaku sehat yaitu sebanyak 49 responden (59,0%), sedangkan persentase responden dengan tingkat pengetahuan rendah yang berperilaku sehat lebih kecil dibandingkan responden dengan pengetahuan rendah, yaitu 65 responden (53,7%).

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Rahim. (2006). *Faktor yang berhubungan dengan terjadinya penyakit scabies pada anak di tempat pengungsian Waipotih Kabupaten Buru Propinsi Maluku*. Diperoleh tanggal 14 September 2007 dari <http://adln.lib.unair.ac.id/go.php?id=jiptunair-gdl-s1-2006-warhangana-228&PHPSESSID=53b4fb68033c0bc30e28845ac5c881de>
- Andi Djuanda. (1999). *Ilmu Penyakit Kulit dan Kelamin*. Yogyakarta: FK UII
- Hr. Suara Pembaharuan. (2003). *Pengungsi Banjir di Reuleut Aceh Utara mulai diserang penyakit*. Diperoleh tanggal 14 September 2007 dari <http://www.depkes.go.id/index.php?option=news&task=viewarticle&sid=72&Itemid=2>
- Machfoedz. I. (2007). *Teknik membuat alat ukur penelitian bidang kesehatan, keperawatan dan kebidanan*. Yogyakarta: Fitramaya
- M.,Soedjadi K. & Hari B.N. (2005). Faktor sanitasi lingkungan yang berperan

- Terhadap prevalensi penyakit Scabies. *Jurnal kesehatan lingkungan*, vol.2, no.1, juli 2005: 11 - 18 12.
- Mustafa Ahmad Said. (2006). *Hubungan tingkat pengetahuan tentang demensia senilis dengan tindakan pencegahan pada lansia di posyandu lansia wilayah kerja puskesmas rambipuji kabupaten jember*. Diperoleh tanggal 20 September 2007 dari <http://adln.lib.unair.ac.id/go.php?id=jiptunair-gdl-s1-2006-musafaahma-3124&PHPSESSID=53b4fb68033c0bc30e28845ac5c881de>.
- Notoatmodjo, S. (2003). *Pendidikan dan Perilaku Kesehatan*. Jakarta: Rineka Cipta
- _____ (2005). *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Jakarta: Rineka Cipta
- Nursalam. (2001). *Metodologi riset keperawatan*. Jakarta: EGC
- Ovedoff, D. (2002). *Kapita selekta kedokteran*. Jakarta: Bina Rupa aksara
- Ratusan Warga Airhitam Diserang Penyakit. (26 Desember 2006). *Riau Pos*.
- R.s. Siregar. (1996). *Atlas berwarna saripati penyakit kulit*. Jakarta: EGC.
- Sekartini, R. (2002). *Pengetahuan, Sikap, dan Perilaku Ibu yang Memiliki Anak Usia SD tentang Penyakit Cacingan di Kelurahan Pisangan Baru, Jaktim*. Diperoleh tanggal 20 september 2007 dari <http://www.tempo.co.id/medika/arsip/102002/art-1.htm>



PEMANFAATAN KULIT UBI KAYU MENJADI KERUPUK DAN PENENTUAN KADAR NUTRIENNYA

Yusbarina, Rumondang Bulan Nst, dan Zul Alfian

Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim, Riau, Indonesia

Program Studi Kimia, FMIPA, Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia

E-mail: yusbarina_7@yahoo.com

ABSTRAK

Industri rumah tangga keripik ubi kayu Sanjai di Medan bahan bakunya 10 ton perhari dan 30% dari bahan baku tersebut dibuang yaitu kulitnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa kadar HCN dalam kulit ubi kayu, bagaimana cara mengolah kulit ubi kayu menjadi kerupuk, berapa kadar nutrien (karbohidrat, protein, lemak, air dan abu), serta hasil uji organoleptik kerupuk. Hasil penelitian menunjukkan kadar HCN kulit ubi kayu: 22,14 mg/kg. Hal ini menunjukkan bahwa kulit ubi kayu aman untuk diolah menjadi bahan makanan. Kerupuk dibuat dengan mengolah kulit ubi kayu dengan tepung tapioka dengan perbandingan 1:2. Kadar karbohidrat, protein, air, abu, dan lemak kerupuk secara berturut – turut yaitu 82,90; 1,10; 13,00; 2,09; dan 0,10%. Hasil uji organoleptik menunjukkan skala 3 (suka).

Kata Kunci: kulit ubi kayu, kerupuk, kadar nutrien

1. PENDAHULUAN

Ubi Kayu merupakan salah satu tanaman umbi – umbian, yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbohidrat yang efisien dan murah. Ubi kayu merupakan komoditas ketiga di Indonesia setelah padi dan jagung. Produksi ubi kayu di Indonesia sebagian besar dimanfaatkan sebagai bahan pangan (64%), sedangkan sisanya dimanfaatkan sebagai bahan baku industri pati, dan pakan (Soebijanto T, 1993).

Tanaman ubi kayu (*Manihot esculanta crantz*) banyak dijumpai di Sumatera Utara dengan hasil sangat melimpah. Ubi kayu oleh masyarakat dijadikan bahan baku keripik, di salah satu industri rumah tangga keripik ubi kayu, bahan bakunya mencapai 8 – 10 ton perhari dan 60% dari bahan baku tersebut dibuang. Salah satunya adalah kulitnya. Terbayang berapa ton perhari limbah tersebut terbuang percuma tanpa termanfaatkan, padahal kulit ubi kayu masih bisa dimanfaatkan.

Salah satu pemanfaatan limbah ubi kayu adalah dengan mengolah kulitnya menjadi kerupuk. Pengolahan kulit ubi kayu menjadi kerupuk diperlukan pemeriksaan pendahuluan terhadap kadar HCN yang terdapat pada kulit

ubi kayu tersebut. Hal ini disebabkan kadar HCN yang berbeda – beda pada setiap jenis ubi kayu dan akan mempengaruhi rasanya. Ubi kayu dengan kandungan HCN kurang dari 50 ppm (mg/kg berat bahan basah), umumnya memiliki rasa yang enak (cenderung agak manis) dan tentunya aman untuk dikonsumsi, sementara ubi kayu dengan kandungan HCN lebih dari 50 ppm (mg/kg berat bahan basah) memiliki rasa pahit dan berbahaya bagi kesehatan. Hasil penelitian para pakar menunjukkan bahwa jenis/varietas ubi kayu gading, adira 1, mangi, betawi, mentega, randu, lanting dan pulut termasuk jenis ubi kayu manis yang dapat dikonsumsi langsung (Rukmana. R, 1997).

Kerupuk adalah salah satu jenis makanan ringan yang banyak disukai oleh masyarakat Indonesia, baik dimakan langsung maupun dimakan dengan nasi sebagai penambah selera makan.

Kadar nutrien (karbohidrat, protein, lemak, air, dan abu) dari bahan makanan sangat penting untuk diketahui. Dimana karbohidrat merupakan sumber kalori utama bagi hampir seluruh penduduk dunia, khususnya bagi penduduk negara yang sedang berkembang. Begitu juga

dengan protein yang merupakan suatu zat makanan yang amat penting bagi tubuh, karena zat ini disamping berfungsi sebagai bahan bakar dalam tubuh juga berfungsi sebagai zat pembangun dan pengatur. Lemak juga merupakan zat makanan yang penting untuk menjaga kesehatan tubuh manusia. Kadar abu ada hubungannya dengan mineral suatu bahan. Kandungan air sangat berpengaruh terhadap konsistensi bahan pangan, pada umumnya keawetan bahan pangan mempunyai hubungan erat dengan kadar air yang dikandungnya (Winarno, 1980).

Berdasarkan uraian di atas, peneliti tertarik untuk memanfaatkan limbah kulit ubi kayu jenis pulut dari industri rumah tangga keripik ubi kayu dengan cara mengolahnya menjadi kerupuk dan melakukan pemeriksaan pendahuluan terhadap kadar HCN yang terkandung di dalam limbah kulit ubi kayu tersebut, selanjutnya menganalisa kadar nutrisi (karbohidrat, protein, lemak, air dan abu) pada kerupuk kulit ubi kayu yang dihasilkan. Serta uji organoleptik kerupuk kulit ubi kayu.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Alat. Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah peralatan gelas, labu Kjeldahl, alat destilasi, neraca analitis (Meller), oven (Mettler), desikator, tanur (Gallen Kamp), alat soklet, peralatan dapur.

Bahan. Bahan yang digunakan pada penelitian ini kulit ubi kayu jenis pulut, aquades, $\text{NaOH}_{(s)}$, $\text{KI}_{(s)}$, $\text{AgNO}_{3(s)}$, $\text{Selenium}_{(s)}$, $\text{Na}_2\text{SO}_{4(s)}$, $\text{CuSO}_{4(s)}$, $\text{H}_2\text{SO}_{4(p)}$, Indikator Fenolftalen, H_3BO_3 3%, HCl 37%, Petroleum eter, bumbu masakan.

Penentuan kadar HCN dalam kulit ubi kayu. Analisa kadar HCN kulit ubi kayu ditentukan dengan metode AOAC (1970). Kulit ubi kayu ditumbuk halus (20 Mesh). Ditimbang 10-20 g sampel yang telah ditumbuk halus tersebut. Ditambah 100 ml aquades dalam labu kjedahl. Dimaserasikan selama 2 jam. Ditambah lagi 100 ml aquades. Didestilasi dengan uap (steam distillation). Distilat ditampung dalam erlenmeyer yang telah diisi dengan 20 ml NaOH 2,5%. Setelah distilat mencapai 150 ml, destilasi dihentikan. Distilat ditambah 8 ml NH_4OH dan

5 ml KI 5% dan dititrasi dengan larutan AgNO_3 0,02 N sampai terjadi kekeruhan. (kekeruhan ini akan mudah terlihat apabila di bawah erlenmeyer ditaruh kertas karbon hitam).

Pembuatan kerupuk kulit ubi kayu. Kerupuk dibuat dengan perbandingan kulit ubi kayu dengan tepung tapioka yaitu (1:1). Kulit ubi kayu dibersihkan dan dicuci dengan air bersih. Direbus dan dihaluskan bumbu yang terdiri dari: ½ sendok teh garam, 10 siung bawang merah dan 5 siung bawang putih yang telah dihaluskan, ½ sendok teh soda kue, ¼ sendok teh merica halus, penyedap disiapkan. Kulit ubi kayu yang telah halus dimasukkan ke dalam bumbu tersebut sambil diaduk perlahan supaya bumbunya tercampur rata. Ditambah tepung tapioka dan diaduk rata. Adonan digulung memanjang, lalu dikukus dalam dandang selama 1 jam. Setelah matang, adonan diangkat dan didiamkan selama satu malam. Selanjutnya gulungan tersebut dipotong tipis-tipis dan dijemur di bawah sinar matahari hingga kering merata.

Penentuan kadar nutrisi kerupuk kulit ubi kayu. Kadar nutrisi yang diukur adalah kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak, kadar karbohidrat.

Penentuan kadar air kerupuk kulit ubi kayu. Penentuan kadar air kerupuk kulit ubi kayu dilakukan dengan metode pengeringan dalam oven pada suhu 100 – 105°C. Ditimbang dengan tepat 1,3455 g sampel dalam cawan porselin yang telah diketahui beratnya. Kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 100 – 105°C selama sekitar 6 jam. Didinginkan cawan ke dalam desikator selama 20 menit. Setelah dingin ditimbang berat kering. Hal ini diulangi terus sampai diperoleh berat yang konstan, kemudian dihitung kadar airnya.

Penentuan kadar abu kerupuk kulit ubi kayu. Penentuan kadar abu kulit ubi kayu dan kerupuk yang dihasilkan dilakukan dengan metode pembakaran dalam tanur pada suhu 500°C hingga diperoleh abu berwarna putih. Ditimbang dengan tepat 2 g sampel dalam cawan porselin yang telah diketahui beratnya. Diletakkan dalam tanur pengabuan, kemudian dibakar pada suhu 500°C hingga diperoleh abu

berwarna keputih – putihan. Kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Hal ini diulangi terus sampai diperoleh berat yang konstan, kemudian dihitung kadar abunya.

Penentuan kadar protein kerupuk kulit ubi kayu. Analisa kadar protein kulit ubi kayu dan kerupuk yang dihasilkan ditentukan dengan metode Kjeldahl. Ditimbang 0,1 g sampel lalu dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Ditambahkan Selenium ($\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4 + \text{Se}$) dan 2,5 ml $\text{H}_2\text{SO}_{4(p)}$. Didestruksi sampel di dalam lemari asam sampai larutan yang ada di dalam tabung reaksi menjadi jernih. Kemudian dipindahkan sampel tersebut ke dalam labu kjedahl lalu ditambahkan 50 ml aquades, 3 tetes Indikator fenolftalein 1% dan NaOH 35% sampai berwarna merah. Disediakan penampung destilat berupa labu erlenmeyer yang berisi 5 ml H_3BO_3 3% dan 15 ml aquades. Dipasang labu kjedahl pada alat destilasi, kemudian diletakkan penampung destilat pada tempatnya, kemudian didestilasi sampai diperoleh 150 ml destilat yang berwarna hijau muda. Dititrasi destilat tersebut dengan HCl 0,01150 N sehingga berwarna merah jambu. Dihitung %N dan kadar proteinnya.

Penentuan kadar lemak kerupuk kulit ubi kayu. Analisa kadar lemak kulit ubi kayu dan kerupuk yang dihasilkan ditentukan dengan cara ekstraksi kontinu dengan alat soklet. Sebanyak 10 g sampel dibungkus dengan kertas saring dan dimasukkan ke dalam alat soklet. Ke dalam labu destilasi dimasukkan Petroleum Eter sebanyak 2/3 bagian labu, kemudian sampel tersebut diekstraksi selama beberapa jam sampai ekstrak yang diperoleh tidak lagi berwarna. Ekstrak yang diperoleh dipindahkan ke dalam cawan porselin yang telah diketahui beratnya, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C. Didinginkan di desikator dan ditimbang. Dihitung kadar lemaknya.

Penentuan kadar karbohidrat kerupuk kulit ubi kayu. Analisa kadar karbohidrat kerupuk kulit ubi kayu dilakukan dengan cara perhitungan kasar (Proximate analysis). Kadar karbohidrat kulit ubi kayu dan kerupuk yang dihasilkan ditentukan dengan menghitung selisih antara 100% dengan jumlah persentase kadar air,

abu, protein, dan lemak. Kadar Karbohidrat = $100\% - \%(\text{protein} + \text{lemak} + \text{air} + \text{abu})$.

Penentuan Nilai Organoleptik kerupuk kulit ubi kayu. Uji ini meliputi warna, rasa, bau dan tekstur yang ditentukan dengan uji kesukaan oleh 30 orang panelis, dimana para panelis bukan perokok dan sebelum mencicipinya diharuskan minum air putih terlebih dahulu. Uji ini ditentukan dengan skala hedonik sebagai berikut:

Uji Kesukaan (Skala hedonik)	Skala Numerik
Amat sangat suka	5
Sangat suka	4
Suka	3
Kurang suka	2
Tidak suka	1

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar HCN dalam kulit ubi kayu.

Glikosida sianogenetik merupakan senyawa yang terdapat dalam bahan makanan nabati dan secara potensial sangat beracun karena dapat terurai dan mengeluarkan hidrogen sianida (HCN). Hidrogen sianida dikeluarkan bila komoditi tersebut dihancurkan, dikunyah, mengalami pengirisan, atau rusak. Bila dicerna, hidrogen sianida sangat cepat terserap oleh alat pencernaan masuk ke dalam saluran darah.

Dari penelitian yang dilakukan maka dapat diketahui bahwa kulit ubi kayu dapat dimanfaatkan menjadi kerupuk. Pengukuran kadar HCN dari kulit ubi kayu yang digunakan menunjukkan angka yang aman untuk dikonsumsi yaitu 22,14 mg/kg (lihat Tabel 1). Menurut Rukmana (1997) Ubi kayu yang aman untuk dikonsumsi ditandai dengan kandungan HCN kurang dari 50 mg/kg ubi basah.

Kadar HCN yang merupakan faktor anti nutrisi pada kulit ubi kayu dapat dilakukan pengurangan dengan berbagai cara. Proses – proses pengolahan kulit ubi kayu menjadi kerupuk seperti perendaman, pengukusan, penjemuran akan mengurangi kadar HCN yang masih ada di kulit ubi kayu.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kadar HCN dari Kulit Ubi Kayu.

Perulangan	Kadar HCN (mg/kg)
I	21,60
II	24,30
III	21,60
IV	21,60
V	21,60
Rata - rata	22,14

HCN menguap sejalan dengan terjadinya penguapan pada saat mengukus kemudian penjemuran kerupuk di bawah sinar matahari selama \pm 12 jam juga akan menambah hilangnya HCN seiring dengan berkurangnya kadar air bahan pada saat dijemur.

Pembuatan Kerupuk Kulit Ubi Kayu.

Kulit ubi kayu yang digunakan adalah lapisan ke dua yang berwarna putih kemerahan (lihat gambar 1). Pada pembuatan keripik ubi kayu, kulit ini dibuang. Tepung yang digunakan adalah tepung tapioka.



Gambar 1. kulit ubi kayu

Kerupuk dibuat dengan perbandingan kulit ubi kayu dengan tepung tapioka (1:2). Perbandingan ini menghasilkan tekstur yang dapat dibentuk sehingga mudah untuk dipotong. Untuk menambah cita rasa, ditambahkan bumbu – bumbu masakan. Adonan selanjutnya diproses dengan cara pengukusan dan penjemuran di bawah sinar matahari. Penjemuran dilakukan sampai kerupuk kering merata. Setelah itu, kerupuk mentah digoreng dengan minyak goreng panas, sehingga didapat kerupuk kulit ubi kayu yang siap untuk dikonsumsi (lihat gambar 2).



Gambar 2. Kerupuk kulit ubi kayu

Kadar Nutrien Kerupuk Kulit Ubi Kayu.

Pengujian kadar nutrien dari kerupuk kulit ubi kayu dimaksudkan untuk memberi informasi kepada konsumen tentang nilai gizi dari produk makanan yang akan di konsumsi. Selain enak, suatu produk makanan haruslah bergizi.

Kadar Air Kerupuk Kulit Ubi Kayu.

Kadar air sangat berpengaruh terhadap mutu bahan makanan. Kadar air dalam bahan makanan ikut menentukan kesegaran dan daya tahan bahan makanan tersebut. Kadar air yang tinggi mengakibatkan mudahnya bakteri, kapang, dan khamir untuk berkembang biak, sehingga akan terjadi perubahan pada bahan makanan. Pengurangan kadar air dilakukan dengan cara penguapan dan pengeringan. Pengurangan kadar air selain bertujuan mengawetkan juga mengurangi besar dan berat bahan makanan sehingga memudahkan pengepakan. Pada penelitian ini, adonan yang telah dikukus dan dipotong, dijemur sampai kering untuk mengurangi kadar air dalam kerupuk.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kadar air dari Kerupuk Kulit Ubi Kayu.

Perulangan	Kadar air (%)
I	11,00
II	12,00
III	16,00
IV	12,00
V	14,00
Rata - rata	13,00

Menurut syarat mutu keripik singkong SNI 01-4305-1996, kadar air maksimal 5%. Pada

penelitian ini didapatkan kadar air kerupuk 13%. Hal ini disebabkan kurangnya waktu penjemuran kerupuk sehingga pengeringan kurang sempurna.

Kadar Abu Kerupuk Kulit Ubi Kayu.

Kadar abu ada hubungannya dengan mineral suatu bahan. Apabila akan ditentukan jumlah mineralnya dalam bentuk aslinya adalah sangat sulit, oleh karenanya biasanya dilakukan dengan menentukan sisa-sisa pembakaran garam mineral tersebut, yang dikenal dengan pengabuan.

Kulit ubi kayu mempunyai serat yang banyak dan kasar sehingga mempunyai kadar abu yang tinggi, sedangkan tepung tapioka telah mengalami proses yang cukup banyak dalam penghalusannya sehingga mempunyai tekstur yang halus dan sedikit serat kasarnya. Kerupuk dibuat dengan perbandingan kulit ubi kayu dengan tepung tapioka (1:2). Komposisi tepung tapioka yang lebih banyak dari kulit ubi kayu mempengaruhi kadar abu kerupuk. Kadar abu kerupuk kulit ubi kayu yaitu 5,07%.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Kadar Abu dari Kerupuk Kulit Ubi Kayu.

Perulangan	Kadar Abu (%)
I	2,90
II	2,91
III	2,90
IV	2,91
V	2,88
Rata - rata	2,90

Kadar Protein Kerupuk Kulit Ubi Kayu.

Protein merupakan suatu zat makanan yang amat penting bagi tubuh, karena zat ini disamping berfungsi sebagai bahan bakar dalam tubuh juga berfungsi sebagai zat pembangun dan pengatur. Nilai protein kerupuk kulit ubi kayu yaitu 1,10%.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Kadar protein dari Kerupuk Kulit Ubi Kayu.

Perulangan	Kadar protein (%)
I	1,09
II	1,10
III	1,11

IV	1,08
V	1,12
Rata - rata	1,10

Kadar Lemak Kerupuk Kulit Ubi Kayu.

Lemak juga merupakan zat makanan yang penting untuk menjaga kesehatan tubuh manusia. Nilai lemak kerupuk kulit ubi kayu yaitu 1,10%.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Kadar lemak dari Kerupuk Kulit Ubi Kayu.

Perulangan	Kadar lemak (%)
I	0,08
II	0,10
III	0,12
IV	0,09
V	0,11
Rata - rata	0,10

Kadar Karbohidrat Kerupuk Kulit Ubi Kayu.

Karbohidrat merupakan sumber kalori utama. Penentuan Kadar karbohidrat dilakukan dengan *proximate analysis* yaitu suatu analisis dimana kandungan karbohidrat termasuk serat kasar diketahui bukan melalui analisis tetapi melalui perhitungan, yaitu:

$$\% \text{ Karbohidrat} = 100\% - (\% \text{ Protein} + \% \text{ Lemak} + \% \text{ Abu} + \% \text{ Air})$$

Hasil metode ini biasanya ini dicantumkan dalam daftar komposisi makanan.

Tabel 6. Hasil Pengukuran Kadar Karbohidrat dari Kerupuk Kulit Ubi Kayu.

Perulangan	Kadar karbohidrat (%)
I	82,89
II	82,89
III	82,90
IV	82,90
V	82,92
Rata - rata	82,90

Nilai karbohidrat kerupuk kulit ubi kayu yaitu 82,90%. Tingginya nilai karbohidrat kerupuk berasal dari tepung tapioka yang ditambahkan dalam pembuatannya. Selain itu disebabkan oleh perhitungan yang dipakai adalah perhitungan kasar (*proximate analysis*) sehingga jumlah kadar ini ditentukan oleh kadar

lemak, kadar air, kadar abu dan kadar protein dari kerupuk.

Uji Organoleptik Kerupuk Kulit Ubi Kayu.

Uji organoleptik adalah penilaian penggunaan indera, penilaian menggunakan kemampuan sensorik, tidak dapat diturunkan pada orang lain. Salah satu cara pengujian organoleptik adalah dengan metode uji pencicipan yang disebut juga dengan "Acceptance Tests". Uji pencicipan menyangkut penilaian seseorang akan suatu sifat atau kualitas suatu bahan yang menyebabkan orang menyenangi. Pada uji pencicipan dapat dilakukan menggunakan panelis yang belum berpengalaman. Dalam kelompok uji pencicipan ini termasuk uji kesukaan (hedonik).

Pada uji hedonik, panelis dimintakan tanggapan pribadinya tentang kesukaan atau sebaliknya ketidaksukaan. Di samping panelis mengemukakan tanggapan senang, suka atau kebalikannya, mereka juga mengemukakan tingkat kesukaannya. Tingkat-tingkat kesukaan ini disebut skala hedonik. Dalam penganalisaan, skala hedonik ditransformasi menjadi skala numerik menurut tingkat kesukaan. Dengan data numerik ini dapat dilakukan analisis-analisis statistik.

Tabel 7. Hasil Uji organoleptik kerupuk kulit ubi kayu

Sampel	Warna	Rasa	Bau	Tekstur	Penerimaan Keseluruhan
Kerupuk kulit ubi kayu	3,27	3,53	3,23	3,43	3,36

Keterangan: *) rata-rata dari 30 panelis

Para panelis yang dipilih haruslah tidak perokok karena perokok memiliki kesensitifan rasa yang kurang. Sebelum mencicipi kerupuk, diharuskan minum air putih terlebih dahulu. Hal ini dimaksudkan agar rasa yang dirasakan benar – benar hanya dari kerupuk.

Warna merupakan parameter pertama yang menentukan tingkat penerimaan konsumen terhadap suatu produk. Penelitian secara subyektif dengan penglihatan sangat

menentukan dalam pengujian organoleptik warna. Pengujian organoleptik yang dilakukan pada kerupuk kulit ubi kayu menunjukkan bahwa rata-rata kesukaan panelis terhadap warna kerupuk kulit ubi kayu yang dihasilkan adalah 3,27 (suka). Hal ini menunjukkan kerupuk yang berwarna coklat harus diolah lebih lanjut sehingga didapatkan warna yang lebih menarik.

Rasa dan bau merupakan parameter penting dalam uji organoleptik. Faktor penerimaan konsumen terhadap makanan tergantung pada rasa dan bau makanan tersebut. Pengujian organoleptik yang dilakukan pada kerupuk kulit ubi kayu menunjukkan bahwa rata-rata kesukaan panelis terhadap rasa dan bau kerupuk kulit ubi kayu yang dihasilkan berturut – turut adalah 3,53 (suka) dan 3,23 (suka). Rasa dan bau kerupuk kulit ubi dihasilkan dari bumbu–bumbu masakan yang ditambahkan.

Pengujian organoleptik yang dilakukan pada kerupuk kulit ubi kayu menunjukkan bahwa rata-rata kesukaan panelis terhadap tekstur kerupuk kulit ubi kayu yang dihasilkan adalah 3,43 (suka). Tekstur yang tipis dan garing merupakan faktor utama penyebab panelis menyukai tekstur kerupuk kulit ubi kayu.

Hasil Uji organoleptik terhadap warna, rasa, bau, dan tekstur kerupuk menunjukkan skala 3 untuk penerimaan keseluruhan. Artinya panelis menyukai kerupuk kulit ubi kayu.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan kadar HCN kulit ubi kayu: 22,14 mg/kg. Hal ini menunjukkan bahwa kulit ubi kayu aman untuk diolah menjadi bahan makanan. Kerupuk dibuat dengan mengolah kulit ubi kayu dengan tepung tapioka dengan perbandingan 1:2. Kadar karbohidrat, protein, air, abu, dan lemak kerupuk secara berturut – turut yaitu 82,90; 1,10; 13,00; 2,09; dan 0,10 %. Hasil uji organoleptik menunjukkan skala 3 (suka).

5. DAFTAR PUSTAKA

- Cahyono Bambang. 2004. *Aneka Produk Olahan Ubi Kayu*. Semarang: CV Aneka Ilmu.
- Djaafar, T.F. 2003. *Ubi Kayu dan Olahannya*. Yogyakarta: Kanisius.

- Purwanti Sri. 2005. *Pengaruh Perlakuan Terhadap Kadar Asam Sianida (HCN) Kulit Ubi Kayu Sebagai Pakan Alternatif*. <http://disnaxsel.info/index.php>. Diakses tanggal 10 Agustus 2007
- Rukmana, H.R. 1997. *Ubi Kayu Budidaya dan Pascapanen*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sediaoetomo, A. 1986. *Ilmu Gizi*. Jilid 1. Jakarta: Penerbit Dian Rakyat.
- Soekarto, S.T. 1981. *Penilaian Organoleptik untuk Industri Pangan dan Hasil Pertanian*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sudarmadji Slamet. 1989. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty Yogyakarta.
- Sudarmadji Slamet. 1984. *Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Edisi Ketiga. Yogyakarta: Liberty Yogyakarta.
- Winarno, F.G. 1995. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.



PANDUAN BAGI PENULIS JURNAL PHOTON

1. Artikel berupa hasil penelitian kepustakaan, penelitian lapangan, atau karya ilmiah lainnya yang belum dan tidak dipublikasikan dalam media cetak lain.
2. Artikel ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris dengan format esai, disertai judul pada masing-masing bagian artikel. Pengkat judul bagian dinyatakan dengan jenis huruf yang berbeda (semua judul bagian dan sub bagian dicetak tebal atau tebal dan miring) dan tidak menggunakan angka nomor pada judul.
3. Artikel disusun yang disusun dalam Bahasa Indonesia sesuai dengan Pedoman Ejaan Bahasa Indonesia yang Disempurnakan (EYD).
4. Artikel diketik dengan menggunakan komputer dengan ukuran kertas kuarto 21,0 x 29,7 cm, dengan ukuran huruf untuk judul 14, sedangkan isi artikel 12, spasi tulisan 1 dan jumlah maksimal halaman 15 halaman dan disertakan filenya dalam sebuah Compact Disk (CD) berikut juga daftar biografi penulis.
5. Sistematika Artikel Hasil Penelitian
 - Judul Artikel, Informatif, lengkap, atau tidak terlalu panjang atau terlalu pendek antara 5 s.d 15 kata
 - Penulis, tanpa mencantumkan gelar akademik, dianjurkan mencantumkan alamat e-mail untuk mempermudah komunikasi.
 - Abstrak dalam bahasa Inggris/Indonesia dalam satu alenia, maksimal 100 kata
 - Kata kunci, maksimal 5 buah kata tunggal
 - Pendahuluan, berisi latar belakang, sedikit tinjauan pustaka dan tujuan penelitian
 - Metoda
 - Hasil dan Pembahasan
 - Kesimpulan dan Saran
 - Rujukan, hanya memuat sumber-sumber yang dirujuk
6. Sistematika Artikel Konseptual
 - Judul Artikel, Informatif, lengkap, atau tidak terlalu panjang atau terlalu pendek antara 5 s.d 15 kata
 - Penulis, tanpa mencantumkan gelar akademik, dianjurkan mencantumkan alamat e-mail untuk mempermudah komunikasi.
 - Abstrak dalam bahasa Inggris/Indonesia dalam satu alenia, maksimal 100 kata
 - Kata kunci, maksimal 5 buah kata tunggal
 - Pendahuluan, berisi latar belakang dan tujuan atau ruang lingkup tulisan.
 - Sub Judul (sesuai kebutuhan)
 - Kesimpulan
 - Rujukan, hanya memuat sumber-sumber yang dirujuk. Rujukan disusun dengan tata cara seperti contoh berikut ini dan diurutkan secara alfabet dan kronologis.
Rujukan dan Buku:
Einstein, A. 1938. The evolution of physics. London. Cambridge University Press.
Rujukan dan Jurnal/Majalah:
Pangaribuan, T. 1992. Perkembangan kompetensi kewacanaan pembelajaran bahasa Inggris di LPTK. Disertasi tidak diterbitkan. Program Pascasarjana IKIP Malang, Malang.
Rujukan berupa makalah yang disajikan dalam Seminar, Penataran dan Lokakarya:
Huda, N. 1991. Penulisan taporan penelitian untuk jurnal. Makalah disajikan dalam Lokarya Penelitian Tingkat Dasar bagi Dosen PTN dan PTS di Malang Angkatan XIV, Pusat Penelitian IKIP Malang, Malang, 12 Juli
7. Penyajian tabel, gambar, dan ilustrasi lain dicetak dalam satu halaman, Nomor dan judul tabel dicetak di atas tabel dengan huruf besar kecil, tebal, isi tabel, gambar dan ilustrasi lain dicetak dengan huruf normal (tidak tebal).
8. Kepastian pemuatan atau penolakan artikel akan diberitahukan secara tertulis. Penulis yang artikelnya dimuat akan mendapat imbalan berupa bukti pemuatan sebanyak 2 (dua) eksemplar. Artikel yang tidak dimuat tidak akan dikembalikan, kecuali atas permintaan penulis.
9. Dewan Redaksi tidak bertanggung jawab atas isi dan artikel yang dimuat dan tanggung jawab sepenuhnya dilimpahkan kepada penulis yang bersangkutan.



9 772087 393009