

E-ISSN 2541-1233
P-ISSN 1410-3680
585/Akred/P2MI-LIPI/09/2014

Majalah Ilmiah
Pengkajian Industri

Volume 11 Nomor 1 : April 2017

Topik
Industri Teknologi proses, rekayasa, manufaktur



Diterbitkan oleh :
Deputi Teknologi Industri Rancang Bangun & Rekayasa
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
Jakarta



MPI	Vol.11	No.1	Hal.1 - 84	Jakarta, April 2017	E-ISSN 2541-1233 P-ISSN 1410-3680
-----	--------	------	------------	---------------------	--------------------------------------



LEMBAGA
ILMU PENGETAHUAN
INDONESIA

P2
MI
Panitia
Penilai
Majalah
Ilmiah

SERTIFIKAT

Nomor: 585/Akred/P2MI-LIPI/09/2014

Akreditasi Majalah Ilmiah

Kutipan Keputusan Kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Nomor 1014/E/2014 Tanggal 26 September 2014

Nama Majalah : Majalah Ilmiah Pengkajian Industri
ISSN : 1410-3680
Redaksi : Deputi Bidang Teknologi Industri Rancang Bangun dan Rekayasa,
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT),
Gedung Teknologi II (251), Lantai 3, PUSPIITEK Serpong,
Tangerang Selatan 15314

Ditetapkan sebagai Majalah Ilmiah

TERAKREDITASI

Akreditasi sebagaimana tersebut di atas berlaku selama 3 (tiga) tahun

Cibinong, 26 September 2014
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Ketua Panitia Penilai Majalah Ilmiah-LIPI

Prof. Dr. Rochadi,
NIP 195007281978031001



E-ISSN 2541-1233
P-ISSN 1410-3680
585/Akred/P2MI-LIPI/09/2014



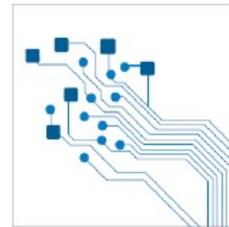
E-ISSN 2541-1233
P-ISSN 1410-3680
585/Akred/P2MI-LIP/09/2014

Majalah Ilmiah
Pengkajian Industri

Volume 11 Nomor 1 : April 2017

Topik
Industri Teknologi proses, rekayasa, manufaktur

Diterbitkan oleh :
Deputi Teknologi Industri Rancang Bangun & Rekayasa
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
Jakarta



MPI	Vol.11	No.1	Hal. 1 - 84	Jakarta, April 2017	E-ISSN 2541-1233 P-ISSN 1410-3680
-----	--------	------	-------------	---------------------	--------------------------------------

E-ISSN 2541-1233
P-ISSN 1410-3680
585/Akred/P2MI-LIPI/09/2014

E-ISSN 2541-1233
P-ISSN 1410-3680
585/Akred/P2MI-LIPI/09/2014

Majalah Ilmiah Pengkajian Industri

Volume 11 Nomor 1 : April 2017

Majalah Ilmiah Pengkajian Industri adalah wadah informasi bidang Pengkajian Industri berupa hasil penelitian, studi kepustakaan maupun tulisan ilmiah terkait dalam bidang industri. Terbit pertama kali pada tahun 1996 frekuensi terbit tiga kali setahun bulan April, Agustus dan Desember

Ketua Dewan Redaksi :

Dr. Ir. Rizqon Fajar, M.Sc (Tek. Bahan Bakar dan Pembakaran) (PTSPT)

Anggota :

Ir. Arifin, M.Eng., (Teknologi Proses) (BTH)

Eka Febrianti, ST. MT. (Teknik Material, Bid. Industri) (B2TKS)

Dr. Hari Setiapraja (Teknik Mesin, Bid. Industri Otomotif) (BTMP)

Ir. Eko Syamsudin, M. Eng. (Teknik Mesin, Bid. Industri Hankam),(PTIPK)

Ahmad Zaki, ST. MT. (Teknik Produksi, Bid. Industri Permesinan) (MEPPO)

Ir. Soegeng Harjono, M.Sc (Teknik Perkapalan, Bid. Sistem Transportasi) (PTRIM)

Dr. Dipl.-Ing. Mulyadi Sinung, MT (Teknik Elektro, Bid. Sarana Transportasi) (PTSPT)

Dr. Widjo Kongko, M.Eng. (Teknik Rekayasa Pantai, Bid. Industri Transportasi) (BTIDP)

Dr. Fariduzzaman, MSc., MT., APU (Teknik Aerodinamika, Bid. Industrial Aerodynamics) (B2TA3)

Dr. Cuk Supriyadi Ali N., MEng., (Tek. Elektro, Bid. Sis. Stabilitas Ketenagaan dan Kendali) (PTIP)

MITRA BESTARI :

Dr. Ing.Ir., H. Agus Suhartono Bidang Material BPPT

Dr. Ir. I Nyoman Jujur, M.Eng. Bidang Teknik Mesin BPPT

Dr, Ir. Myrna Ariati,MS Bidang Metalurgi dan Material, FT-UI

Prof. Dr.Ir. Sulistijono, DEA Bidang Teknik Desain Material FTI-ITS

Prof. Ir. Wimpie Agoeng N. Aspar, MSCE., Ph.D. Bidang Teknik Sipil BPPT

Dr. Maizirwan Mel, MSc. Bidang Bio Process Engineering IIUM Gombak-Kuala Lumpur

Alamat Redaksi/Penerbit :
Deputi Bidang Teknologi Industri Rancang Bangun dan Rekayasa
Gedung Teknologi II (251) Lantai 3, PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan (15314)
Telepon : (021)75875944, ext. 1112, Fax.(021)75875938
E-mail : majalah_mpi@yahoo.com

SUSUNAN REDAKTUR PELAKSANA

Ketua Pelaksana	: Ir. Endro Wahyu Tjahjono
Wakil Ketua	: Iwan Setiadi,MT
Sekretaris 1	: Dyah Kusuma Dewi, MT
Sekretaris 2	: Ihwan Haryono, Msi.
Bendahara	: Era Restu Finalis,ST
Kopi Editor 1	: Dr. Eko Syamsuddin H.,M.Eng
Kopi Editor 2	: Ir. Soegeng Hardjono,MSc.
Seksi Percetakan 1	: Drs. Agus Krisnowo,MT
Seksi Percetakan 2	: Eka Febriyanti,ST
Seksi Distribusi 1	: Ir. Sayuti Syamsuar,MT
Seksi Distribusi 2	: Siti Yubaidah,MT
Seksi Korespondensi 1	: Linda Nuryanti,Skom
Seksi Kocoverrespondensi 2	: Mohammad Ivan,ST

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dan penghargaan disampaikan kepada para pakar yang telah bersedia sebagai Mitra Bestari/Penelaah oleh Majalah Pengkajian Industri dalam Volume 11, No. 1, Tahun 2017. Berikut ini daftar nama pakar yang berpartisipasi :

Nama	Alamat/Instansi
Maizirwan Mel, Dr. MSc. (Bid. Bio Process Engineering)	IIUM Gombak-Kuala Lumpur
Agus Suhartono , H.Dr.Ing.Ir. (Bid.Material)	B2TKS, Kawasan Puspiptek, Gedung 220 Kawasan PUSPIPTEK, Serpong, Tangerang, Banten
I Nyoman Jujur, Dr., MEng., Ir. (Bid.Teknik Mesin)	Pusat Teknologi Material, BPPT, Ged.2 BPPT Lt.22 , Jl.M.H.Thamrin No 8, Jakarta 10340
Myrna Ariati, Dr,MS Ir. Bid. Metalurgi dan Material,	Dosen Metalurgi dan Material FT-UI
Sulistijono, Prof.Dr.Ir. DEA (Bid.Teknik Material Desain)	Fakultas Teknologi Industri, Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya

Kata Pengantar

Majalah Ilmiah Pengkajian Industri merupakan salah satu majalah ilmiah BPPT pada bidang-bidang penelitian dan kajian yang berkaitan dengan Industri berbasis teknologi. Dalam penerbitannya tiap tahun dibagi dalam tiga terbitan yaitu April tentang Industri Teknologi Proses, Rekayasa dan Manufaktur, Bulan Agustus tentang Industri Teknologi Transportasi dan terakhir bulan Desember tentang Industri Teknologi Hankam dan Material.

Pada Volume 11 No.1 April 2017 kembali menampilkan edisi dengan topik Industri Teknologi Proses, Rekayasa dan Manufaktur. Industri proses, rekayasa dan manufaktur meliputi aneka industri dengan beragam teknologi yang mengolah bahan baku menjadi bahan jadi (produk) sehingga mempunyai nilai tambah. Pengolahan bahan baku tersebut melalui beberapa tahap yang dapat meliputi simulasi proses, desain proses dan desain peralatan dengan mempertimbangkan secara tekno-ekonomi dan dampak terhadap lingkungan. Untuk dapat menjawab tuntutan kemajuan dalam industri proses, rekayasa dan manufaktur diperlukan inovasi dalam bentuk kajian, penelitian dan rekayasa.

Dalam terbitan Majalah Ilmiah Pengkajian Industri ini, ditampilkan publikasi beberapa penelitian, kajian rekayasa dan manufaktur diantaranya tentang, Analisis Keragaman Parameter Penentu Rendemen Gula Kristal Putih pada Pabrik Gula BUMN. Perancangan Jig MD Cutting sebagai Pengganti Proses Pemotongan Manual pada MD Konektor. Analisis Potensi Bahaya Ledakan SPPBE Di Sekitar Calon Tapak RDE. Optimasi Formula Edible Film Berbasis Amilopektain Pati Singkong dan Karagenan. Kajian Pembuatan Pakan Lokal dibanding Pakan Pabrik Terhadap Performan Ayam Kampung di Gorontalo. Proses Pintas Pengolahan Kakao Skala Ukm. Studi Kasus Di Luwu SulSel. Simulasi Dan Estimasi Kebutuhan Energi Sistem Gasifier Dengan Bahan Baku Batubara Sumatera Selatan, Kalimantan Selatan. Dan Eliminasi Senyawa Azobenzene Pada Limbah Batik Menggunakan Nanokatalis $Fe_3O_4/SiO_2/TiO_2$ dan Sinar Matahari dan Perbaikan manufaktur Pendingin Udara mesin Pembangkit JGS 420 untuk Mencegah Kontaminasi.

Selanjutnya Redaksi berencana menerbitkan kembali Vol. 11 No. 2, bulan Agustus 2017 dengan Topik "Indutri Teknologi Transportasi". Redaksi sangat menghargai kritik dan saran yang membangun.

Redaksi

Majalah Pengkajian Industri

1. Analisis Keragaan Parameter Penentu Rendemen Gula Kristal Putih Pada Pabrik Gula Bumh
Performance Analysis Of Determinant Parameters For Sugar Recovery At State Owned Sugar Factory, Subiyanto 1 - 10
2. Perancangan Jig MD Cutting Sebagai Pengganti Proses Pemotongan Manual Pada MD Konektor
Design Of Md Cutting Jig As Replacement For The Process Of Cutting Manual Md Connector (Febryan Maulana) 11 - 22
3. Analisis Potensi Bahaya Ledakan Sppbe Di Sekitar Calon Tapak Rde, (Siti Alimah, Dedy Priambodo, June Mellawati)
Analysis Of The Potential Explosion Hazard Sppbe Around The Candidate Site Rde 23 - 30
4. Optimasi Formula *Edible Film* Berbasis Amilopektin Pati Singkong Dan Karagenan, (Heri Purwoto, G Jeni Christi A)
Optimization Of Formula Edible Film Based On Amylopectin Cassava Starch And Carrageenan 31 - 40
5. Kajian Pembuatan Pakan Lokal Dibanding Pakan Pabrik Terhadap Performan Ayam Kampung Di Gorontalo (Sindu Akhadiarto)
Study Of Local Feed Production Feed Factory Compared To Performance Of The Local Chicken In Gorontalo 41 - 50
6. Proses Pintas Pengolahan Kakao Skala Ukm. Studi Kasus Di Luwu SulSel. (Lamhot P. Manalu, M. Yusuf Djafar, Tri Yoga Wibawa, H. Adinegoro)
A Case Study Of Cocoa By-Pass Processing In Luwu Sme's 51 - 61
7. Simulasi Dan Estimasi Kebutuhan Energi Sistem Gasifier Dengan Bahan Baku Batubara Sumatera Selatan Dan Kalimantan Selatan (Abdul Ghofar, Rudy Surya Sitorus, Erbert Ferdy Destian, Endro Wahyu Tjahjono, Derina Paramitasari, Moch. Ismail, Murbantan Tandirerung)
Simulation and Estimation Energy Demand Gasifier System By South Sumatra and South Kalimantan Raw Coal 62 - 68
8. Eliminasi Senyawa Azobenzene Pada Limbah Batik Menggunakan Nanokatalis $Fe_3O_4/SiO_2/TiO_2$ Dan Sinar Matahari. (Siti Wardiyati, Adel Fisli, Dan Sari Hasnah Dewi)
Elimination Azobenzene Compounds Of Waste Batik Using Nanokatalis $Fe_3O_4/SiO_2/TiO_2$ And Sunlight 69 - 76
9. Perbaikan manufaktur Pendingin Udara mesin Pembangkit JGS 420 untuk Mencegah Kontaminasi (Amin Suhadi, Tomi Abdillah)
Manufacturing Improvement Of Charge Air Coolerjgs 420 Generator To Avoid Contaminations 77 - 84

ANALISIS KERAGAAN PARAMETER PENENTU RENDEMEN GULA KRISTAL PUTIH PADA PABRIK GULA BUMN

PERFORMANCE ANALYSIS OF DETERMINANT PARAMETERS FOR SUGAR RECOVERY AT STATE OWNED SUGAR FACTORY

Subiyanto

Abstrak

Capaian rendemen gula kristal putih (GKP) pada lima tahun terakhir yang dihasilkan oleh Pabrik Gula (PG) nasional khususnya BUMN belum sesuai harapan, sehingga Indonesia belum mampu mencapai swasembada gula. Studi ini mendiskusikan parameter produksi di pabrik gula yang berpengaruh kepada hasil rendemen gula. Dengan menggunakan metode gap analisis, serta menggunakan norma dan praktek baik / terbaik di PTPN X, PT Gunung Madu Plantation, dan PG di India sebagai pembandingan (*benchmark*), hasilnya menunjukkan bahwa dari 13 parameter produksi yang dibandingkan, 10 parameter capaiannya berada di bawah *benchmark*. Tiga parameter yang gap capaiannya jauh di bawah benchmark adalah Pol Tebu, Pol Ampas, dan *Boiling House Recovery (BHR)*. Karena itu ketiga parameter ini perlu mendapat prioritas untuk diperbaiki.

Kata Kunci : rendemen gula, parameter produksi, analisis kesenjangan, *benchmark*.

PERANCANGAN JIG MD CUTTING SEBAGAI PENGGANTI PROSES PEMOTONGAN MANUAL PADA MD KONEKTOR

DESIGN OF MD CUTTING JIG AS REPLACEMENT FOR THE PROCESS OF CUTTING MANUAL MD CONNECTOR

Febryan Maulana

Abstrak

Pada industri pembuatan konektor, produsen dituntut agar menghasilkan produk yang murah dengan tidak mengurangi kualitas produk yang dihasilkan. Hal ini menuntut perusahaan melakukan peningkatan kapasitas produksi tanpa mengurangi kualitas produk yang dihasilkan, serta tanpa mengabaikan faktor keselamatan kerja operator. Untuk dapat memenuhi semua tuntutan itu maka diperlukan sebuah alat yang dapat menghasilkan produk dengan kualitas yang baik, dan seragam serta waktu produksi yang efisien. Jig MD cutting dirancang guna memenuhi kebutuhan produksi akan alat potong batang produk MD konektor. Yang pada awalnya proses pemotongan dilakukan dengan bantuan gunting kuku, akan tetapi pemotongan dengan gunting kuku hasilnya kurang baik, prosesnya memakan waktu yang cukup lama dan faktor keamanannya kurang. Dari hasil pengujian, alat ini dan metode pemotongan sebelumnya. Dapat disimpulkan bahwa alat ini mampu menghasilkan produk dengan kualitas pemotongan yang lebih akurat dengan tingkat keseragaman yang merata, dan proses pemotongan yang lebih cepat.

Kata kunci : konektor, Jig, efisien

ANALISIS POTENSI BAHAYA LEDAKAN SPPBE DI SEKITAR CALON TAPAK RDE

ANALYSIS OF THE POTENTIAL EXPLOSION HAZARD SPPBE AROUND THE CANDIDATE SITE RDE

Siti Alimah, Dedy Priambodo, June Mellawati

Abstrak

Potensi bahaya eksternal akibat ulah manusia terhadap tapak RDE (Reaktor Daya Eksperimental) harus diidentifikasi dan dianalisis untuk memperoleh basis desain yang cocok dengan instalasi yang akan dibangun di lokasi tapak tersebut. Salah satu sumber bahaya eksternal tersebut adalah keberadaan depo penyimpanan bahan bakar gas (SPPBE) yang merupakan salah satu sumber tidak bergerak. Bahaya ledakan dari SPPBE berpotensi membahayakan tapak jika tapak RDE berada dalam SDV (Screening Distance Value) SPPBE tersebut (5 km), sehingga diperlukan analisis potensi bahaya ledakan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana potensi bahaya ledakan yang ditimbulkan SPPBE yang berada di sekitar area tapak RDE, jika terjadi kebocoran tangki SPPBE. Metode penelitian meliputi pengumpulan data primer dan konfirmasi di lapangan sekitar area tapak, pemetaan, serta melakukan analisis potensi bahaya ledakan menggunakan software ALOHA versi 5.4.5 dan MARPLOT. Hasil konfirmasi di lapangan menunjukkan bahwa tapak RDE berada dalam SDV dua buah SPPBE karena berjarak 2,995 dan 4,141 km dari area tapak. Hasil analisis menunjukkan bahwa lepasan gas elpiji dari kedua SPPBE tidak membahayakan tapak RDE karena ledakannya tidak mencapai area tapak dan tidak menimbulkan kerusakan bangunan, dengan asumsi kebocoran terjadi di bagian bawah tanki sebesar 2,5 inchi.

Kata Kunci : ledakan, SPPBE, tapak RDE, SDV.

OPTIMASI FORMULA *EDIBLE FILM* BERBASIS AMILOPEKTIN PATI SINGKONG DAN KARAGENAN

OPTIMIZATION OF FORMULA *EDIBLE FILM* BASED ON AMYLOPECTIN CASSAVA STARCH AND CARRAGENAN

Heri Purwoto^a, G Jeni Christi A^b

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan formula optimum antara amilopektin pati singkong dan karagenan sebagai bahan baku edible film. Program Design Expert 7.0.0 (trial version) dengan Response Surface Methodology (RSM) Central Composite Design (CCD) digunakan untuk mengoptimasi formula edible film. Variabel bebas yang digunakan yaitu persentase amilopektin, karagenan dan gliserin. Variabel respon yang diukur dan dioptimasi yaitu laju transmisi uap air, kuat tarik dan modulus elastisitas. Hasil optimasi dari program Design Expert 7.0.0 merekomendasikan 15 solusi optimasi dengan nilai desirability tertinggi sebesar 0.821. Formula satu dipilih untuk divalidasi dengan faktor-faktor yaitu amilopektin 3.00 %, karagenan 2.00 %, dan gliserin 2.00 %. Nilai respon prediksi untuk laju transmisi uap air sebesar 16.331 g/m²/24 jam, kuat tarik sebesar 180.657 kgf/cm² dan modulus elastisitas sebesar 139.262 kgf/cm². Nilai hasil validasi untuk laju transmisi uap air sebesar 16.1027 g/m²/24 jam, kuat tarik sebesar 208.42 kgf/cm² dan modulus elastisitas sebesar 183.05 kgf/cm², sehingga solusi yang direkomendasikan oleh program sudah cukup baik.

Kata kunci : Amilopektin pati singkong, Karagenan, Edible film, Optimasi formula

KAJIAN PEMBUATAN PAKAN LOKAL DIBANDING PAKAN PABRIK TERHADAP PERFORMAN AYAM KAMPUNG DI GORONTALO

STUDY OF LOCAL FEED PRODUCTION FEED FACTORY COMPARED TO PERFORMANCE OF THE LOCAL CHICKEN IN GORONTALO

Sindu Akhadiarto

Abstrak

Penelitian ini dilaksanakan di Badan Ketahanan Pangan dan Pusat Informasi Jagung (BKPIJ), Provinsi Gorontalo, selama 10 minggu. Tujuan penelitian adalah mengetahui performans (penampilan) ayam lokal yang diberi pakan dari bahan baku lokal (buatan sendiri) dibandingkan dengan pakan buatan pabrik. Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah ayam kampung (lokal), umur satu hari (DOC), sebanyak 200 ekor. Rancangan yang digunakan dalam Penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan lima ulangan. Perlakuan dalam penelitian ini adalah pakan lokal dengan protein 16,2% (A), 17,7 % (B), 21,5 % (C), dan sebagai pembandingan pakan industri (pabrik) protein 20,2 % (D). Untuk mengetahui pengaruh perlakuan, dilakukan dengan Analisa Sidik Ragam. Pengujian selanjutnya dilakukan dengan Uji Jarak menurut prosedur Duncan. Berdasarkan analisis ekonomi menunjukkan bahwa pembuatan pakan dari bahan baku lokal dengan protein 17,7 % dan energi metabolisme 2.323 Kkal/kg (Perlakuan B), ternyata memberikan keuntungan paling baik ($R/C = 1,49$), dibandingkan dengan pakan industri (Perlakuan D) dengan $R/C = 1,19$. Oleh karena itu, pemberian pakan ayam yang dibuat dari bahan baku lokal cukup potensi dikembangkan di Gorontalo.

Kata kunci : Ayam Lokal, Performan, Pakan Lokal, Pakan Industri, Gorontalo.

PROSES PINTAS PENGOLAHAN KAKAO SKALA UKM (STUDI KASUS DI LUWU SUL-SEL)

A CASE STUDY OF COCOA BY-PASS PROCESSING IN LUWU SME'S

Lamhot P. Manalu, M. Yusuf Djafar, Tri Yoga Wibawa, H. Adinegoro
Pusat Teknologi Agroindustri - BPPT Gd.2 Lt. 10 Jl. MH. Thamrin 8 Jakarta
lpmanalu@yahoo.com

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara penghasil kakao yang disegani di dunia karena merupakan produsen terbesar ketiga. Produksi kakao Indonesia 60% lebih berasal dari Sulawesi. Permintaan produk cokelat olahan yang terus meningkat serta adanya larangan ekspor bahan mentah, memotivasi meningkatnya industri pengolahan di dalam negeri baik yang berskala besar maupun usaha kecil menengah (UKM). UKM pengolahan kakao yang ada di Indonesia umumnya mempunyai permasalahan yang sama antara lain peralatan yang kapasitasnya rendah, permodalan, bahan baku (biji kakao) yang sedikit serta akses informasi dan inovasi. Kapasitas peralatan pengolahan produk antara kakao yang menghasilkan lemak dan bubuk kakao sangat kecil sehingga tidak efisien dan sulit untuk mendapatkan keuntungan. Oleh karena itu kajian ini dilakukan untuk mempelajari kinerja peralatan pengolahan kakao agar proses pengolahan dapat dioptimalkan dan lebih efisien. Kajian ini dilakukan di sebuah UKM di Kabupaten Luwu Sulawesi Selatan dengan pertimbangan bahwa daerah ini merupakan sentra kakao dan peralatan pengolahan yang

digunakan sama atau sejenis dengan lokasi lain di Indonesia. Hasil studi ini menyimpulkan antara lain bahwa dengan kapasitas pengolahan saat ini produk maksimal yang dapat dicapai adalah sekitar 5 kg bubuk dan 3 kg lemak kakao per hari atau sekitar 100 kg bubuk dan 60 kg lemak dalam satu bulan, dimana 95% dari tenaga yang dibutuhkan dihabiskan untuk alat koncing atau proses pembubukan. Untuk mengoptimalkan kapasitas produksi dan meminimalkan penggunaan energi maka disarankan bahwa pengolahan kakao dibatasi hanya sampai pada produk pasta dimana dapat dihasilkan 200 kg pasta per hari atau 4 ton per bulan.

Kata kunci : kakao, pasta, lemak, bubuk, proses, pengolahan, audit, UKM

SIMULASI DAN ESTIMASI KEBUTUHAN ENERGI SISTEM GASIFIER DENGAN BAHAN BAKU BATUBARA SUMATERA SELATAN DAN KALIMANTAN SELATAN

Abdul Ghofar, Rudy Surya Sitorus, Erbert Ferdy Destian, Endro Wahyu Tjahjono, Derina Paramitasari, Moch. Ismail, Murbantan Tandirerung,

Abstrak

Batubara yang melimpah di Indonesia dapat dijadikan sebagai bahan baku alternatif untuk industri petrokimia. Namun demikian, diperlukan teknologi pengolahan yang tepat supaya dapat digunakan secara optimal sesuai dengan karakteristik batubara yang ada di Indonesia. Salah satu teknologi pengolahan batubara adalah gasifikasi untuk menghasilkan synthetic gas (syngas). Terdapat beberapa jenis teknologi gasifikasi antara lain teknologi Fixed Bed, Fluidized Bed, dan Entrained Bed. Penelitian ini bertujuan mencari keunggulan dari masing-masing teknologi, dari segi kebutuhan energi, produk syngas, biaya modal dan biaya operasional proses dengan metode simulasi menggunakan aspen plus. Sampel batubara yang digunakan dalam simulasi ini berasal dari empat daerah di wilayah potensial penghasil batubara yakni dua daerah di wilayah Sumatera Selatan (Keluang dan Babat Tomang) dan dua daerah di wilayah Kalimantan Selatan (Pendopo dan Sebuku). Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa teknologi yang sesuai dengan karakteristik batubara Indonesia adalah teknologi fluidized bed dan entrained bed. Di mana untuk teknologi fluidized bed membutuhkan energi lebih rendah, tetapi syngas yang dihasilkan lebih sedikit, serta memerlukan modal dan biaya operasional lebih tinggi dibandingkan entrained bed dan fixed bed. Sedangkan untuk teknologi entrained bed menghasilkan syngas yang lebih tinggi dan ramah lingkungan, walaupun teknologi ini membutuhkan energi yang relatif lebih tinggi.

Kata kunci : Syngas, gasifikasi batubara, simulasi proses, aspen plus

ELIMINASI SENYAWA AZOBENZENE PADA LIMBAH BATIK MENGGUNAKAN NANOKATALIS $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ DAN SINAR MATAHARI

ELIMINATION AZOBENZENE COMPOUNDS OF WASTE BATIK USING NANOKATALIS $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ AND SUNLIGHT

Siti Wardiyati, Adel Fisli, dan Sari hasnah dewi

Abstrak

Bahan nanokatalis magnetik $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ telah berhasil disintesis dengan metode gabungan yaitu presipitasi dan sol-gel menggunakan prekursor besi oksida, tetraethyl ortho silicate dan tetrabutyl orthotitanate. Untuk mengetahui kinerja katalitik bahan tersebut dilakukan eliminasi limbah batik warna orange dari PT. Roro djonggrang Yogyakarta. Limbah batik warna orange dari PT. Roro djonggrang mengandung senyawa azo yang banyak digunakan oleh industri tekstil. Senyawa azo merupakan pewarna sintetis yang berbahaya bagi lingkungan, oleh karena perlu dilakukan eliminasi untuk menurunkan kandungan senyawa tersebut sebelum dibuang ke lingkungan. Parameter percobaan yang dilakukan pada penelitian ini adalah pH larutan, waktu iradiasi, jenis sinar dan dosis katalis. Dari hasil percobaan diperoleh kondisi optimal proses eliminasi limbah batik warna orange menggunakan nanokatalis magnetik $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ dicapai pada pH larutan limbah 2,0 – 4,0; waktu iradiasi sekitar 2 – 3 jam; dan dosis katalis katalis 1,0g/L. Pada kondisi tersebut bahan nanokatalis magnetik $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ mampu mengeliminasi warna orange hingga 90 %. Dari percobaan ini terbukti bahwa pengolahan limbah warna menggunakan nanokatalis magnetik $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ sangat efektif karena sederhana, praktis, dan efisien serta ekonomis karena dapat dilakukan di bawah sinar matahari langsung dan katalis dapat dipakai ulang.

Kata kunci : Limbah warna, Fotokatalitik, Katalis heterogen, $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$

PERBAIKAN MANUFAKTUR PENDINGIN UDARA MESIN PEMBANGKIT JGS 420 UNTUK MENCEGAH KONTAMINASI

MANUFACTURING IMPROVEMENT OF CHARGE AIR COOLER JGS 420 GENERATOR TO AVOID CONTAMINATIONS

Amin Suhadi^a, Tomi Abdillah^b,

Abstrak

Perusahaan pembangkit listrik PT.XYZ mengoperasikan mesin pembangkit type JGS 420 dengan bahan bakar gas. Dalam proses pembuatannya digunakan bahan tembaga, namun berdampak negatif, yaitu menghasilkan kontaminasi terhadap oli yang digunakan. Karena itu perlu dilakukan perbaikan proses manufaktur untuk mencegah kontaminasi tersebut. Karena itu penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki manufaktur pendingin udara tersebut agar terhindar dari proses kontaminasi dengan memanfaatkan material tahan korosi yaitu baja tahan karat 304. Metode penelitian dilakukan dengan observasi dilapangan, pengujian olisebelum dilakukan pergantian material dan perbandingan setelah pergantian, simulasi Ansys dan evaluasi reliabilitas mesin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan material baja tahan karat sebagai sirip pendingin udara sebagai pengganti material tembaga mampu mengurangi kontaminasi tembaga sehinggapemakaian pelumas lebih efisien.

Kata kunci : manufaktur, pendingin, pembangkit

ANALISIS KERAGAMAN PARAMETER PENENTU RENDEMEN GULA KRISTAL PUTIH PADA PABRIK GULA BUMN

PERFORMANCE ANALYSIS OF DETERMINANT PARAMETERS FOR SUGAR RECOVERY AT STATE OWNED SUGAR FACTORY

Subiyanto

Pusat Audit Teknologi – BPPT
biyan_to2003@yahoo.com

Abstrak

Capaian rendemen gula kristal putih (GKP) pada lima tahun terakhir yang dihasilkan oleh Pabrik Gula (PG) nasional khususnya BUMN belum sesuai harapan, sehingga Indonesia belum mampu mencapai swasembada gula. Studi ini mendiskusikan parameter produksi di pabrik gula yang berpengaruh kepada hasil rendemen gula. Dengan menggunakan metode gap analysis, serta menggunakan norma dan praktek baik / terbaik di PTPN X, PT Gunung Madu Plantation, dan PG di India sebagai pembandingan (*benchmark*), hasilnya menunjukkan bahwa dari 13 parameter produksi yang dibandingkan, 10 parameter capaiannya berada di bawah *benchmark*. Tiga parameter yang gap capaiannya jauh di bawah benchmark adalah Pol Tebu, Pol Ampas, dan *Boiling House Recovery (BHR)*. Karena itu ketiga parameter ini perlu mendapat prioritas untuk diperbaiki.

Kata Kunci : rendemen gula, parameter produksi, analisis kesenjangan, *benchmark*.

Abstract

The sugar recovery achievement of the national sugar factories especially state owned sugar factory in the last five years has not reached the target, such that Indonesia is still not yet self-sufficient in sugar. This study discusses the related production parameter in the state owned sugar factory contributed to the sugar recovery. By applying gap analysis method, and using good/best practice at PTPN X, PT Gunung Madu Plantation, and India Sugar Industry as a benchmark, the study analysis the performance status of production parameters related to the sugar recovery. The analysis indicates that among 13 parameters observed, 10 parameters are performed below the benchmark. The three parameter worst performance are sugar cane content, sugar bagasse content, and boiling house recovery. These three parameter are therefore recommended to be the first priority to improve.

Keywords : sugar recovery, production parameter, gap analysis, benchmark.

Diterima (*received*) : 15 Februari 2016, Direvisi (*reviewed*) : 18 Maret 2016,
Disetujui (*accepted*) : 11 April 2016

PENDAHULUAN

Gula merupakan komoditas yang mempunyai nilai strategis bagi ketahanan pangan dan pertumbuhan perekonomian masyarakat Indonesia. Di lain pihak, produksi gula nasional yang ada saat ini tidak mencukupi kebutuhan dalam negeri,

baik untuk konsumsi rumah tangga maupun untuk industri. Untuk menuju swasembada gula nasional, Pemerintah telah mengeluarkan berbagai kebijakan, dan yang dinilai sebagai payung kebijakan adalah Kepres nomor 57 tahun 2004 tentang penetapan gula sebagai barang dalam pengawasan, serta Inpres nomor 1 tahun

2010 tentang Percepatan Pelaksanaan Program Revitalisasi Gula. Kebijakan Kepres nomor 57 tahun 2004 diimplementasikan ke dalam bentuk pengaturan pengendalian importasi gula, penetapan harga patokan petani (HPP), serta penetapan standar nasional produk gula (SNI). Sedangkan Inpres nomor 1 tahun 2010 diimplementasikan ke dalam bentuk program revitalisasi industri gula nasional dengan strategi pelaksanaan intensifikasi dan ekstensifikasi terhadap kebun tebu (*on farm*) maupun pabrik gula (*off farm*). Program intensifikasi kebun tebu dilakukan dengan kegiatan bongkar ratoon dan introduksi teknik pembibitan baru, sedangkan ekstensifikasinya dilakukan dengan perluasan kebun tebu, khususnya ke luar Jawa. Sementara itu program intensifikasi pabrik gula dilakukan dengan melakukan restrukturisasi mesin/peralatan pabrik gula (PG) eksisting khususnya PG BUMN, sedangkan program ekstensifikasinya dilakukan dengan membangun pabrik gula baru¹⁾.

Inpres no 1 tahun 2010 mengamanatkan percepatan swasembada gula kristal putih (GKP) pada tahun 2014, yang menurut Kementerian Perindustrian sebagai koordinator pelaksana program akan ditempuh melalui peningkatan produksi gula kristal putih PG eksisting dari 2,59 juta ton tahun 2009 menjadi 3,57 juta ton tahun 2014. Target ini akan dicapai dengan asumsi : 1) produktivitas tebu meningkat dari 81 ton/hektar tahun 2010 menjadi 87,5 ton/hektar tahun 2014; 2) produktivitas hablur PG eksisting meningkat dari 5,96 ton/hektar tahun 2009 menjadi 7,44 ton/hektar tahun 2014; 3) rendemen gula naik dari 7,0 % tahun 2010 menjadi 8,5 % tahun 2014; 4) produksi gula PG BUMN meningkat dari 1,44 juta ton tahun 2009 menjadi 2,32 juta ton tahun 2014. Untuk program ekstensifikasi, luas lahan kebun tebu pada tahun 2014 diasumsikan meningkat sekitar 275 ribu hektar dibanding tahun 2010, khususnya ke luar Pulau Jawa¹⁾.

Tabel 1
Keragaan kinerja industri gula nasional, tahun 2010-2014

Keragaan Kinerja Industri Gula Nasional	2010	2011	2012	2013	2014 ⁷⁾	Target 2014 ⁵⁾
Produksi GKP (juta ton) ²⁾	2,29	2,27	2,59	2,55	2,58	3,57
Produktivitas tebu (ton/Ha) ³⁾	81,94	67,34	72,10	76,80	70,8	87,5
Produktivitas hablur (ton/Ha) ²⁾	5,30	5,04	5,77	5,47	5,42	7,44
Rendemen (%) ^{3) 6)}	6,08	7,29	8,1	7,18	7,64	8,5
Prod GKP PG-BUMN (jt ton) ^{4) 6)}	1,38	1,36	1,50	1,40	1,51	2,32
Pangsa prod GKP BUMN (% ⁴⁾	60,3	59,9	57,9	54,9	58,5	65,0
Luas kebun tebu (ribu Ha) ^{2) 6)}	432.7	450.8	449.1	466.6	476.3	707.0

Tabel 1 menunjukkan bahwa semua besaran parameter asumsi yang ditetapkan Pemerintah tidak ada yang mencapai target sehingga program revitalisasi industri gula nasional yang pada akhir tahun 2014 direncanakan mampu memproduksi GKP sebesar 3,57 juta ton hanya tercapai 2,58 juta ton. Menyadari fakta tersebut, Pemerintah telah merevisi target capaian revitalisasi industri gula dari tahun 2014 menjadi tahun 2017.

Parameter utama yang sering dijadikan indikator efisiensi industri gula adalah rendemen, yaitu perbandingan berat gula kristal (sukrosa) terhadap berat tebu yang digiling. Jika rendemen dinyatakan = 8%, maka untuk setiap 1000 kg (=1 ton) tebu giling diperoleh sukrosa 80 kg (= 8% x 1000

kg). Angka rendemen bukan saja merepresentasikan kinerja dari pabrik gula, tetapi juga kinerja kebun tebu, karena angka rendemen yang diperoleh juga sangat bergantung kepada kualitas tebu (khususnya kandungan pol tebu) yang digiling. Tabel 1 menunjukkan bahwa capaian angka rendemen dalam lima tahun terakhir (2010-2014) masih jauh dari target 8,5%.

Dalam menjalankan program, sumberdaya pemerintah selama ini hampir sepenuhnya dialokasikan untuk merevitalisasi pabrik gula milik BUMN yang jumlahnya ada 51 pabrik, dibanding dengan pabrik gula swasta yang jumlahnya 10 pabrik. Namun demikian Tabel 1 menunjukkan bahwa produktivitas dan efisiensi PG BUMN masih belum sesuai

harapan, karena kontribusinya terhadap produksi gula nasional tidak stabil, dengan pangsa yang semakin menurun. Laporan dari PTPN X dan Kementerian BUMN juga menunjukkan bahwa angka rendemen rata-rata PG BUMN senantiasa di bawah rata-rata rendemen PG swasta. Pada tahun 2011, rata-rata rendemen PG BUMN 7,15%, sedangkan rata-rata nasional adalah 7,29%, dan rata-rata PG swasta adalah 7,66%³⁾. Demikian juga pada tahun 2012, rata-rata rendemen PG BUMN adalah 7,20%, sedangkan rata-rata nasional adalah 8,1%⁴⁾.

Karena salah satu kegiatan utama dari program revitalisasi industri gula adalah peremajaan mesin/alat khususnya pada pabrik gula BUMN, maka menjadi relevan untuk mengetahui informasi tentang kontribusi parameter produksi di pabrik gula yang berperan dalam menentukan besarnya rendemen di pabrik gula BUMN. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi mesin/alat yang terkait dengan proses tersebut, sehingga peremajaan mesin/alat yang dilakukan oleh Pemerintah diharapkan tepat sasaran.

METODE PENELITIAN

Obyek Studi

Secara nasional, terdapat 51 unit PG BUMN yang tersebar di 9 perusahaan BUMN, yaitu PTPN II, VII, IX, X, XI, XIV, RNI I, RNI II, dan Candi Baru (RNI Group). Dalam rangka survey pemetaan status teknologi produksi di PG BUMN secara umum, maka telah berhasil dikompilasi data giling pabrik selama tiga tahun (2011-2013) untuk 22 PG dari enam perusahaan BUMN. Ke-22 PG BUMN yang sebarannya ditunjukkan pada Tabel 2 selanjutnya digunakan sebagai obyek studi atau unit analisis dalam laporan ini.

Tabel 2
Perbandingan jumlah PG BUMN dan PG Oyek Studi

Perusahaan BUMN	Jumlah PG ⁴⁾ (unit)	PG Obyek Studi (unit)
- PTPN II	2	0
- PTPN VII	2	0
- PTPN IX	8	5
- PTPN X	11	6
- PTPN XI	16	6
- PTPN XIV	3	2
- RNI I	3	1
- RNI II	5	2
- Candi Baru / RNI Group	1	0
JUMLAH	51	22

Penetapan Parameter Produksi

Rendemen gula kristal putih (GKP) merupakan ukuran capaian efisiensi suatu pabrik gula. Ada dua metode yang digunakan untuk menghitung nilai rendemen GKP. Yang pertama menggunakan metode yang dikembangkan oleh *ISST (International Society of Sugar Cane Technologists)*, dan yang kedua menggunakan metode "Jawa" sebagaimana dijelaskan oleh Lembaga Riset Perkebunan Indonesia/LRPI⁹⁾. Pabrik gula swasta umumnya menggunakan metode ISST, sedangkan PG BUMN umumnya masih menggunakan metode "Jawa", walaupun beberapa PG menggunakan kedua metode tersebut. Metode perhitungan ISST menggunakan basis *pol*, sedangkan metode "Jawa" menggunakan basis *brix*¹⁰⁾. *Pol* adalah jumlah gram gula (sukrosa) terlarut dalam setiap 100 gram larutan nira, sedangkan *brix* adalah jumlah gram zat padat semu yang larut dalam 100 gr larutan nira.

a. Metode ISST

Menurut metode *ISST*¹⁰⁾, efisiensi pabrik gula dinyatakan dalam besaran *Overall Recovery (OR)*, yang diperoleh dengan mengalikan tingkat efisiensi ekstraksi nira di stasiun gilingan (*Mill Extraction=ME*) dengan tingkat efisiensi perolehan gula kristal putih (GKP) di stasiun pengolahan (*Boiling House Recovery=BHR*).

$$OR = ME \times BHR \quad (1)$$

dimana :

$$ME = \frac{\text{Ton Pol Nira Mentah}}{\text{Ton Pol Tebu}} \times 100\% \quad (2)$$

$$BHR = \frac{\text{Ton Pol GKP}}{\text{Ton Pol Nira Mentah}} \times 100\% \quad (3)$$

b. Metode "Jawa"

Perhitungan efisiensi pabrik gula menggunakan metode "Jawa", secara prinsip sama dengan metode *ISST*, yaitu dengan mengalikan tingkat efisiensi di stasiun gilingan dengan tingkat efisiensi di stasiun pengolahan. Parameter yang digunakan pada stasiun gilingan adalah Kadar Nira Tebu (KNT), Hasil Pemerahan Brix total (HPB total), dan Perbandingan Setara Harkat Kemurnian nira mentah (PSHKnm). Efisiensi di stasiun pengolahan dinyatakan dalam parameter *Winter Rendemen (WR)*, yang nilainya merupakan resultante dari parameter efisiensi pada proses pemurnian nira, penguapan nira, pemasakan gula dan pemisahan produk GKP hasil dengan tetes

(di stasiun puteran). Untuk perhitungan rendemen sementara, pabrik gula menggunakan istilah Faktor Rendemen (FR)⁹⁾, yang nilainya dihitung dengan formula berikut :

$$FR = KNT \times HPB \text{ total} \times PSHKnm \times WR \quad (4)$$

Parameter lain yang sering digunakan untuk mengevaluasi efektifitas dan efisiensi proses dalam kaitannya dengan rendemen gula adalah :

- Pengasingan Bukan Gula (PBG), yaitu efektifitas pemisahan material bukan gula dengan gula pada proses pemurnian nira.
- Pol Blotong, yaitu kadar gula yang terdapat pada limbah padat pada proses pemurnian.
- Harkat Kemurnian (HK) nira encer, yaitu nilai yang menunjukkan tingkat kemurnian nira encer yang menjadi output pada proses pemurnian nira.
- Brix nira kental, yaitu nilai tingkat kepekatan nira hasil proses penguapan, yang menunjukkan tingkat kesiapan nira kental untuk dimasak atau dikristalkan.
- Harkat Kemurnian (HK) masakan A, yaitu tingkat kemurnian hasil proses masakan. Semakin tinggi nilai HK masakan A, berarti semakin baik kualitasnya.
- Harkat Kemurnian (HK) gula tetes, yaitu tingkat kemurnian gula tetes (*by product*), yang juga mengindikasikan proporsi kandungan gula yang terdapat pada gula tetes. Besaran nilainya menunjukkan efektifitas proses masakan dan pemisahan produk gula pada stasiun puteran.

Analisis Kesenjangan (Gap Analyses)

Yoki Muchsam, Falahah, dan Galih Irianto Saputro¹¹⁾ mendefinisikan *gap analysis* sebagai suatu metode yang digunakan untuk mengetahui kinerja dari sistem yang sedang berjalan dibandingkan dengan sistem standar. Lebih jauh dijelaskan bahwa *gap analysis* bermanfaat untuk : a). menilai seberapa besar kesenjangan antara kinerja aktual dengan suatu standar kerja yang diharapkan, b). mengetahui peningkatan kinerja yang diperlukan untuk menutup kesenjangan tersebut, dan c). menjadi salah satu dasar pengambilan keputusan terkait prioritas dan biaya yang

dibutuhkan untuk memenuhi standar pelayanan yang telah ditetapkan. *Gap Analysis* modelnya sederhana, sehingga banyak digunakan dalam manajemen operasional perusahaan khususnya dalam melakukan evaluasi capaian. Pengembangan model *gap analysis* dalam sistem pelayanan dilakukan oleh Parasuraman, Zeithalm dan Berry¹²⁾ dan menghasilkan 5 aplikasi model, yaitu : 1). Gap Persepsi Manajemen, 2). Gap Spesifikasi Kualitas, 3). Gap Penyampaian Pelayanan, 4). Gap Komunikasi Pemasaran, dan 5). Gap dalam Pelayanan yang dirasakan.

Evaluasi kinerja parameter produksi yang terkait dengan formula penentuan rendemen GKP dilakukan menggunakan metode analisis kesenjangan (*gap analysis*), yaitu membandingkan kondisi aktual besaran parameter proses di pabrik gula terhadap patok banding (*Benchmark*). *Benchmark* pada studi ini merupakan praktek baik (*good practice*) dan/atau terbaik (*best practice*) di antara pabrik gula di lingkungannya sendiri (*internal benchmark*) maupun terhadap praktik pada perusahaan lain yang sejenis (*external benchmark*). Hasil perbandingan antara data parameter obyek studi dengan *benchmark* menghasilkan nilai kesenjangan atau *gap*, dan besarnya *gap* mengindikasikan status kinerja atau capaian dari proses terkait. Besaran parameter produksi diambil dari data faktual laporan giling pabrik, sedangkan nilai *benchmark* ditetapkan berdasarkan norma atau praktek baik dan/atau terbaik dari PG acuan, yaitu PG yang mempunyai teknologi proses sama dengan PG obyek studi (sulfitasi) dan pada periode tersebut mempunyai kinerja baik. *Benchmark* nasional untuk PG swasta adalah PG Gunung Madu Plantation di Lampung, sedangkan untuk PG BUMN adalah PG di lingkungan PTPN X. Untuk internasional, India dijadikan *benchmark* karena profil bisnis dan teknologinya relatif sama dengan Indonesia. Nilai parameter *benchmark* secara lengkap disampaikan pada Tabel 3.

Tabel 3
Praktek baik / terbaik kinerja pabrik gula

No	Parameter	Praktek Baik/ Terbaik	Referensi
1	Pol Tebu	12%	- PG Ngadirejo PTPN X, Tahun 2011 ⁸⁾ - PT Gunung Madu Plantation (GMP) ¹³⁾ Dunia ²²⁾
2	Kadar Nira Tebu	> 13 %	Norma PTPN X (2006) ¹⁴⁾
3	ME	>80%	PT Gunung Madu Plantation (GMP) ¹³⁾ India ²²⁾
4	BHR	96%	India ²²⁾ dan Target PTPN X ⁸⁾ Praktik di GMP (2010) ¹³⁾
5	Pol Ampas	92%	Norma PTPN X (2006) ¹⁴⁾
6	HPB total	87%	Norma PTPN X (2006) ¹⁴⁾
7	PSHKnm	± 93%	Norma PTPN X (2006) ¹⁴⁾
8	PBG	97%	Norma PTPN X (2006) ¹⁴⁾
9	Pol Blotong	13%	Norma PTPN X (2006) ¹⁴⁾
10	HK nira encer	1,5%	Norma PG Sragi (2012) ¹⁵⁾
11	Brix nira kental	74%	Norma PTPN X (2006) ¹⁴⁾
12	HK masakan A	60 - 65%	Norma PTPN X (2006) ¹⁴⁾
13	HK tetes	80	Norma PTPN X (2006) ¹⁴⁾
		30%	Norma PTPN X (2006) ¹⁴⁾

Gap capaian dihitung dengan formula sebagai berikut :

Gap Capaian =

$$100\% - \frac{\text{Rerata Capaian PG dim 3 Thn}}{\text{Benchmark}} \times 100\% \quad (4)$$

Gap Capaian bernilai negatif (-) jika rerata capaian PG obyek studi berada di bawah nilai *benchmark*, dan sebaliknya positif (+) jika rerata capaiannya berada di atas nilai *benchmark*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil evaluasi terhadap capaian 22 PG BUMN selama tiga musim giling (tahun 2011 – 2013), khususnya terhadap parameter terkait rendemen gula SHS atau gula kristal putih (GKP) disampaikan pada Tabel 4. Analisis capaian kinerja teknologi pada proses produksi gula dihitung dengan membandingkan rerata capaian selama 3 tahun (kolom 7) terhadap *benchmark* (kolom 3), yang hasilnya secara relatif ditunjukkan pada kolom 8.

Tabel 4
Hasil analisis kesenjangan antara capaian PG BUMN dan *benchmark*

No	Parameter	Benchmark	Capaian PG BUMN (%)				Relatif thd Benchmark	Gap Capaian (%)
			2011	2012	2013	Rerata		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Pol Tebu	12 %	9,3	9,8	8,9	9,4	78,3	-21,7
2	Kadar Nira Tebu	> 80 %	80,0	79,8	79,5	79,8	99,8	-0,3
3	ME	96 %	91,4	91,9	92,7	92,0	95,8	-4,2
4	Pol Ampas	2,0 %	2,8	2,7	2,6	2,7	135,0	-35,0
5	HPB total	± 93 %	89,7	90,8	90	90,2	97,0	-3,0
6	PSHKnm	97 %	95,4	95,5	95,5	95,5	98,5	-1,5
7	PBG	13 %	15,0	15,2	14,0	14,7	113,1	+13,1
8	Pol Blotong	1,5 %	2,4	2,5	2,8	2,6	173,3	-73,3
9	HK nira encer	74 %	76,1	78,5	74,4	76,3	103,1	-3,1
10	Brix nira kental	60 – 65 %	56,7	59,5	58,6	58,3	97,2*	-2,8
11	HK masakan A	80 %	81,2	81,8	81,3	81,4	101,8	+1,8
12	HK tetes	30 %	29,2	29,8	30,0	29,6	98,7	+1,3
13	BHR (GMP)	87 %	82,3	85,6	83,6	83,8	96,3	-3,7
14	BHR (India)	92 %	82,3	85,6	83,6	83,8	91,1	-8,9

Keterangan : *dibandingkan dengan angka selang terbawah, karena capaiannya di bawah selang *benchmark*;

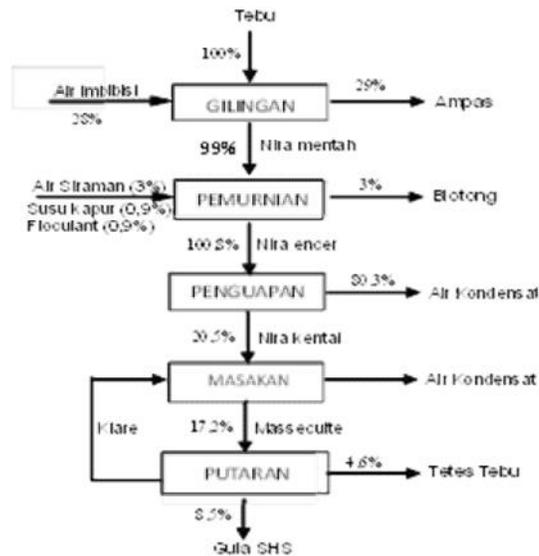
Kemudian untuk mendapatkan gambaran yang lebih obyektif terhadap kontribusi kinerja parameter produksi terhadap rendemen, maka gap capaian kinerja pada setiap tahapan proses pada kolom 9 perlu dibobot dengan proporsi bahan dalam proses, yang informasinya dapat diperoleh dari data neraca bahan (*material balance*). Neraca bahan secara teoritis untuk PG dengan teknologi yang sejenis, umumnya relatif sama. Informasi neraca bahan pada studi ini diambil dari praktik di PG Subang yang pada periode observasi menggunakan teknologi sulfitasi dengan kapasitas giling 3000 TCD. Pertimbangannya adalah fakta bahwa lebih dari 90% PG BUMN menggunakan teknologi sulfitasi, dengan kisaran kapasitas giling antara 1300 TCD sampai 6000 TCD, sehingga kalau dirata-rata kapasitasnya sekitar 3000 PG. Neraca bahan PG Subang ditunjukkan pada Gambar 1¹⁶⁾.

Gambar 1 menunjukkan bahwa ada bahan yang keluar dari sistem pada setiap tahapan proses, yang tidak terpakai lagi pada proses lanjutan. Pada tahapan ekstraksi nira di stasiun gilingan, bahan yang keluar dari sistem proses berbentuk ampas tebu, sementara pada stasiun pemurnian berbentuk blotong atau limbah padat dari proses pemurnian. Pada stasiun puteran, luarannya adalah gula produk (SHS/GKP)

dan gula tetes sebagai produk samping. Pada bahan ampas, blotong, dan tetes, di dalamnya terdapat substansi gula, yang kandungannya diindikasikan dari nilai pol pada masing-masing bahan.

Ketidak sempurnaan dalam teknologi proses menentukan besar kecilnya kandungan gula yang terdapat pada bahan tersebut. Berdasarkan Gambar 1, bahan ampas dan blotong mempunyai berat bahan relatif terhadap berat tebu (input) masing-masing sekitar 29% dan 3%. Ini berarti bahwa gap capaian untuk parameter Pol Ampas dan Pol Blotong perlu dibobot dengan angka 0,29 dan 0,03. Tetapi untuk HK tetes, karena muncul pada tahap akhir proses, maka bobotnya dikoreksi menjadi 0,55, yaitu proporsi berat tetes (4,6%) terhadap total output (4,6% + 8,5%= 13,1%).

Hasil pembobotan gap capaian dengan proporsi bahan yang diproses ditunjukkan pada Tabel 5. Dari Tabel 5 terlihat penyumbang rendahnya angka rendemen gula dalam proses. Jika angka 10% dipakai sebagai norma toleransi gap capaian, maka Pol Tebu dan Pol Ampas menjadi penyumbang utama penurunan rendemen gula. Tetapi jika angka 5% dijadikan norma gap capaian dan India sebagai benchmark, maka penyumbang bertambah lagi dengan parameter BHR.



Gambar 1
Neraca bahan proses produksi GKP¹⁶⁾

Tabel 5
Hasil pembobotan gap capaian Pabrik Gula BUMN

No	Parameter	Stasiun Proses	Gap Capaian	Bobot Bahan	Gap Terbobot
1	Pol Tebu	Pra-Penggilingan	-21,7	1,00	-21,7
2	KNT	Penggilingan	-0,3	1,00	-0,3
3	ME	Penggilingan	-4,2	1,00	-4,2
4	Pol Ampas	Penggilingan	-35,0	0,29	-10,2
5	HPB total	Penggilingan	-3,0	1,00	-3,0
6	PSHKnm	Penggilingan	-1,5	1,00	-1,5
7	PBG	Pemurnian	13,1	1,00	13,1
8	Pol Blotong	Pemurnian	-73,3	0,03	-2,2
9	HK nira encer	Pemurnian	-3,1	1,00	-3,1
10	Brix nira kental	Penguapan	-2,8	1,00	-2,8
11	HK masakan A	Masakan	1,8	1,00	1,8
12	HK tetes	Puteran	1,3	0,55	0,7
13	BHR (GMP)	Pemurnian s/d Puteran	-3,7	1,00	-3,7
14	BHR (India)		-8,9	1,00	-8,9

1. Pol Tebu

Pol Tebu merupakan parameter yang menunjukkan tingkat kandungan gula (sukrosa) dalam tebu. Nilai Pol Tebu mengindikasikan potensi kandungan gula dan sekaligus pembatas dari perolehan rendemen gula di pabrik. Walaupun proses di pabrik bekerja secara efisien, tetapi jika tebu yang digiling nilai pol nya rendah, maka rendemen gula yang dihasilkan juga terbatas. Nilai Pol Tebu merupakan hasil capaian dari aktifitas kebun dan manajemen tebang angkut. Kandungan gula pada bahan tebu yang siap digiling ditentukan paling tidak oleh 4 (empat) aktifitas, yaitu : (1) pemilihan jenis dan kualitas bibit tebu (genetik), (2) teknis budidaya tanaman, (3) ketepatan waktu panen/tebang, dan (4) manajemen tebang angkut.

Bibit tebu secara genetis membawa sifat tanaman, termasuk di dalamnya kemampuannya dalam memproduksi gula. Namun demikian bibit yang baik di satu lokasi belum tentu baik di lokasi lain. Keterbatasan daya adaptasi tanaman di satu pihak, serta luasnya sebaran kebun tebu di lain pihak, mengakibatkan pemanfaatan bibit tebu secara nasional menjadi tidak maksimal. Sementara itu teknis budidaya yang paling nyata pengaruhnya terhadap penurunan kemampuan memproduksi gula adalah adanya sistem keprasan yang berlebihan. Demi untuk menghemat biaya produksi, banyak petani tebu melakukan keprasan sampai 10 kali atau lebih. Hasil penelitian Rifai, Basuki, dan Utomo (2014)¹⁷⁾ menunjukkan bahwa tebu yang dikepras berulang-ulang serabutnya akan menjadi tinggi, batang menjadi kecil dan kerdil, dan terdapat akumulasi penyakit-penyakit sistemik yang menjadi inang hama penyakit

yang secara akumulatif berdampak kepada penurunan rendemen. Lebih lanjut dilaporkan bahwa keprasan sebaiknya dibatasi hanya sampai 4 kali. Pengaruh negatif keprasan terhadap rendemen juga diperkuat dari hasil penelitian Ibnu Sabil Adi Putra (2012)¹⁸⁾.

Dari aspek budidaya tanaman, teknis pemupukan yang tidak tepat waktu dan dosis juga berpengaruh kepada kondisi tanaman tebu dalam memproduksi gula. Keterlambatan penyediaan pupuk di lapangan sering dialami oleh petani tebu. Menurunnya daya saing budidaya tanaman tebu dibanding tanaman pangan lain khususnya padi juga menjadi penyebab pergeseran budidaya tanaman tebu dari lahan kelas satu ke lahan kelas dua atau lahan yang kurang subur.

Terkait waktu panen, yang paling optimal adalah saat tingkat kandungan gulanya merata antara batang bagian atas dan bagian bawah, dan umumnya saat tebu berumur sekitar 12 bulan. Pemanenan tebu setelah masak optimal akan mengurangi kandungan gula dalam tebu, karena gula akan mengalami perombakan menjadi bahan bukan gula (A.D. Khuluq dan Ruly Hamida, 2014)¹⁹⁾. Tetapi karena alasan tertentu, tidak jarang petani tebu bebas/mandiri yang memaksakan panen di luar waktu masak optimal. Setelah ditebang, tebu harus segera diangkat dan digiling. Jika waktu tunggu giling melebihi 36 jam, maka kandungan gula tebu (pol tebu) akan menurun (PTPN X, 2006)¹⁴⁾. Sementara itu karena kapasitas giling pabrik terbatas, maka koordinasi yang kurang tepat antara waktu tebang tebu dan kecepatan giling sering berdampak kepada tebu yang harus menunggu giliran giling melebihi 36 jam. Keterlambatan waktu giling tebu juga

disebabkan oleh faktor kerusakan mesin/alat pabrik yang menyebabkan fungsi stasiun gilingan dihentikan sampai adanya perbaikan. Karena itu untuk tujuan pengendalian, jam berhenti giling karena sebab kerusakan alat yang tidak direncanakan ini biasanya diberi batas toleransi sekitar 2% (PTPN X, 2006)¹⁴.

2. Pol Ampas

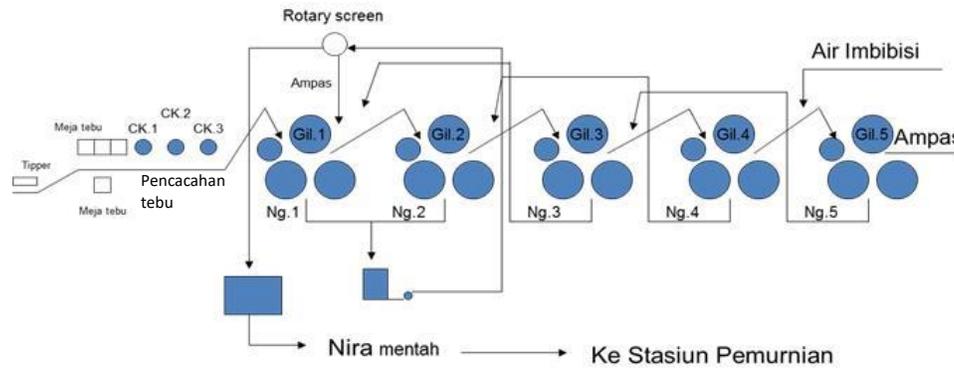
Pol Ampas merupakan parameter yang menunjukkan tingkat kandungan gula (sukrosa) dalam ampas tebu. Karena nira yang menjadi target output stasiun penggilingan, maka ampas tebu pada dasarnya merupakan bahan sisa (limbah). Ampas tebu seharusnya tidak boleh banyak mengandung nira, karena di dalam nira terdapat gula. Atau kalau pun ada harus dikendalikan dalam jumlah yang minimal. Karena itu salah satu parameter pengawasan efektifitas kegiatan ekstraksi nira adalah kandungan gula yang terdapat dalam ampas tebu, yang disebut dengan pol ampas. Norma yang umum dipakai sebagai acuan atau *benchmark* toleransi pol ampas adalah 2,0 %¹⁴. Tingginya angka pol ampas dibandingkan dengan *benchmark* menunjukkan bahwa proses pemerahan atau ekstraksi nira tebu pada stasiun gilingan kurang optimal, khususnya dalam penyetelan tekanan rol gilingan. Semakin tinggi nilai pol dalam ampas, maka potensi untuk memperoleh rendemen GKP semakin berkurang.

Pada beberapa kasus, nilai pol ampas merupakan pilihan manajemen pabrik yang sengaja dikorbankan karena demi mengejar target kapasitas giling. Dengan perkataan lain, kapasitas dan ekstraksi merupakan dua hal yang saling bertentangan (*trade-off*). Jika putaran rol dipercepat, maka kapasitas giling akan bertambah, namun daya ekstraksi akan berkurang karena waktu ampas berada di bawah tekanan rol-rol gilingan menjadi lebih pendek. Sebaliknya, jika menaikkan hasil ekstraksi dengan cara meningkatkan tekanan rol gilingan, maka putaran rol gilingan akan melambat sehingga kapasitas giling akan berkurang. Konfigurasi rol-rol gilingan pada pabrik gula ditunjukkan pada Gambar 2. Ada

PG yang menggunakan 4 set rol gilingan, dan ada pula yang menggunakan 5 set. Setiap set rol gilingan terdiri dari 3 rol gilingan yang membentuk formasi segitiga dengan sudut 120°. Tekanan rol gilingan dilakukan dengan mengatur jarak antar 3 rol gilingan. Menurut J.H. Payne (1982)²⁰, penetapan besaran tekanan rol mengacu kepada diameter rol dan target atau volume tebu yang digiling pada rol yang bersangkutan. Walaupun pengaturan tekanan rol gilingan pada beberapa PG sudah mulai menggunakan komputer, tetapi sebagian besar PG BUMN masih melakukannya secara manual, dengan tertib pelaksanaan yang tidak standar.

Tidak efektifnya proses ekstraksi di stasiun gilingan yang berakibat kepada tingginya nilai Pol Ampas juga dimungkinkan karena serpihan tebu yang digiling mempunyai ukuran yang tidak kondusif untuk digiling (terlalu besar). Ini terjadi karena aktifitas pemotongan dan pencacahan tebu sebelum digiling yang biasanya menggunakan alat *cane cutter*, *unigrator* dan/atau *shredder* bekerjanya tidak cukup efektif (lihat Gambar 2). Efektifitas pencacahan tebu sangat bergantung kepada komposisi alat pemotongan dan pencacahan yang digunakan, dan parameter untuk mengukur efektifitas ini adalah indek preparasi (*Preparation Index = PI*), yaitu indek yang menggambarkan ukuran sel tebu yang siap digiling. Dari segi ekstraksi nira, semakin tinggi angka PI semakin baik tingkat ekstraksinya. J.H. Payne (1982)²⁰ melaporkan bahwa setiap kenaikan PI sebesar 4%, akan menaikkan tingkat ekstraksi sebesar 1%. Tingkat ekstraksi nira tebu yang meningkat akan menekan atau menurunkan pol ampas. Untuk tujuan pengawasan kinerja PG di lingkungannya, PTPN X (2006)¹⁴ menetapkan norma parameter PI sebagai berikut :

- Jika digunakan 1 unit cane cutter dan unigrator, maka norma PI adalah 80%;
- Jika digunakan 2 unit cane cutter dan unigrator, maka norma PI adalah 85%;
- Jika digunakan 2 unit cane cutter dan shredder, maka norma PI adalah 90%;



Gambar 2
Konfigurasi stasiun gilingan di pabrik gula

3. Boiling House Recovery (BHR)

Boiling House Recovery (BHR) menunjukkan efisiensi proses pemurnian, penguapan, masakan, dan puteran (stasiun tengah) dalam menghasilkan kristal GKP. Berdasarkan formula yang dikembangkan ISST, nilai BHR merupakan perbandingan antara jumlah ton pol GKP (SHS) dengan jumlah ton pol Nira Mentah. Posisi capaian BHR rata-rata PG BUMN tahun 2011-2013 menurut Tabel 4 masih di bawah *benchmark* (PG Gunung Madu Plantation), walaupun gapnya masih di bawah - 5%. Namun demikian jika India atau target PTPN X yang dijadikan *benchmark*, maka gap capaiannya menjadi - 8,9%. Tabel 5 menunjukkan bahwa dari enam parameter yang diobservasi, tiga parameter capaiannya berada di bawah *benchmark*, yaitu Pol Blotong, HK nira encer, dan HK nira kental.

Peacock and Schorn²¹⁾ melaporkan bahwa rendahnya capaian rendemen GKP terjadi karena sebagian gula hilang atau berubah bentuk selama dalam proses, yaitu terjepit dalam ampas tebu, blotong (limbah padat pada proses pemurnian), tetes, dan hilang pada tahapan dan bentuk yang tidak jelas. Beberapa referensi menyebutkan bahwa kehilangan yang tidak jelas ini pada umumnya karena gula berubah menjadi gula reduksi. Gula yang terjepit pada ampas, blotong, dan tetes besarnya dapat diidentifikasi, tetapi yang berubah menjadi gula reduksi sulit untuk diidentifikasi. Berubahnya gula menjadi gula reduksi secara umum terjadi pada tahapan proses penguapan dan masakan, yaitu sebagai akibat dari tidak sempurnanya dalam menjaga kondisi proses khususnya suhu dan waktu tinggal. Dengan demikian BHR menjadi parameter pengawasan yang cukup efektif untuk menjaga capaian rendemen gula SHS.

SIMPULAN

Capaian rendemen gula kristal putih PG BUMN pada tahun 2010 – 2014 secara nasional masih di bawah target pemerintah. Hasil evaluasi terhadap parameter proses penentu nilai rendemen, dengan membandingkan capaian PG BUMN selama tiga tahun (2011-2013) terhadap capaian PG *benchmark* menunjukkan bahwa secara umum dari 13 parameter yang dibandingkan, 10 di antaranya berada dibawah capaian PG *Benchmark*. Parameter produksi gula di PG BUMN yang capaiannya memerlukan perhatian khusus adalah Pol Tebu, Pol Ampas, dan *Boiling House Recovery (BHR)*. Untuk itu direkomendasikan agar upaya pembinaan terhadap peningkatan rendemen GKP PG BUMN memprioritaskan ketiga parameter tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Paper ini merupakan analisis lanjutan dari Kegiatan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Industri Gula di Pusat Audit Teknologi BPPT tahun 2012-2013, yang pelaksanaannya berkoordinasi dengan Kementerian Perindustrian dalam kerangka Program Revitalisasi Industri Gula Nasional. Karena itu ucapan terima kasih disampaikan kepada Manajemen BPPT khususnya Direktur Pusat Audit Teknologi, serta jajaran terkait di Kementerian Perindustrian dan PTPN.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kementerian Perindustrian. Pelaksanaan Program Revitalisasi Industri Gula 2010-2014. Bahan Presentasi Rapat Koordinasi. 2013.
2. Ditjen Perkebunan Kementerian Pertanian. Buku Statistik Perkebunan

- Tahun 2008-2012. (www.deptan.go.id; last update 10 Februari 2014).
3. Asosiasi Gula Indonesia.. Produksi Gula 2013 Lesu. <http://asosiasigulaindonesia.org/>. Diunduh : 5 Pebruari 2015.
 4. Kementerian BUMN. Data Produksi PTPN & RNI 2010 - 2014. Bahan Presentasi. 2012.
 5. Kementerian Perindustrian. Laporan Kinerja Produksi Pabrik Gula. Program Revitalisasi Industri Gula Melalui Restrukturisasi Mesin dan/atau Peralatan Pabrik Gula. Kerjasama dengan Surveyor Indonesia. 2013.
 6. Asosiasi Gula Indonesia. Stok Melimpah, Indonesia Tidak Perlu Impor Gula. <http://www.agrofarm.co.id/> . Diunduh : 22 Pebruari 2015.
 7. Kementerian Pertanian. Hanya 60 Persen, Produksi Gula BUMN. <http://ptpn10.com/>. Diunduh : 12 Pebruari 2015.
 8. Subiyono. Succes Story PTPN X Tahun 2011. Bahan Konggres IKAGI ke XII di Surabaya. Februri 2012.
 9. Lembaga Riset Perkebunan Indonesia. Menuju Penentuan Rendemen Tebu yang Lebih Individual. Risalah Kebijakan. (<http://pustaka.litbang.pertanian.go.id/>). Diunduh : 19 Maret 2015.
 10. Anonim. *Angka-angka Pengawasan Probrik Gula*. Inhouse Training Mandor-Mandor. Bahan Presentasi. Tretes, Januari 2011.
 11. Muchsam, Y, Falahah, dan Saputro, Gl. Penerapan Gap Analysis Pada Pengembangan Sistem Pendukung Keputusan Penilaian Kinerja Karyawan (Studi Kasus PT XYZ). Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2011 (SNATI 2011). Yogyakarta, 17 - 18 Juni 2011.
 12. Parasuraman, A, Zeithaml, V A and Berry, L L. Reassessment of Expectations as a Comparison Standard in Measuring Service Quality: Implications for Further Research. *Journal of Marketing* 58 (January 1994) : 111-124.
 13. PT Gunung Madu Plantation. *Proses Pengolahan Tebu Menjadi Gula*. <http://www.gunungmadu.co.id>. 2012.
 14. PTPN X. *Baku Operasi Proses Pembuatan Gula*. Bidang Pengolahan PTPN X. 2006.
 15. PG Sragi. *Standar Prosedur Kerja PG Sragi Tahun 2012*. Bagian Pengolahan PG Sragi. 2012.
 16. Anonim. *Neraca Bahan DRK. Worksheet* Bagian Pengolahan PG Subang – PT RNI II. 2013
 17. Rifai, A., Basuki, S., dan Utomo, B. Nilai Kesetaraan Lahan Budi Daya Tumpang Sari Tanaman Tebu Dengan Kedelai: Studi Kasus Di Desa Karangharjo, Kecamatan Sulang, Kabupaten Rembang. *Jurnal Widyariset*, Volume 17, Nomor 1, April 2014. Hal 59–70. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Tengah. Ungaran.
 18. Adi Putra, I.B. *Faktor – Faktor yang Berpengaruh Terhadap Rendemen Tebu di Pabrik Gula Toelangan Sidoarjo Jawa Timur*. Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”, Surabaya. 2012.
 19. Khuluq, A.D. dan Hamida, R. Peningkatan Produktivitas dan Rendemen Tebu melalui Rekayasa Fisiologis Pertunasan. *Jurnal Perspektif* Vol. 13 No.1/Jnuni 2014. Hal 13-24. Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat. Malang.
 20. Payne, J.H. *Unit Operations in Cane Sugar Production*. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam. Sugar Series Volume 4 : 1-203. 1982.
 21. Peacock, S D and Schorn, P M. Crystal Recovery Efficiency as an Overall Measure of Sugar Mill Performance. *Proc S Afr Sug Technol Ass* 76 : 544-560. Tongaat-Hulett Sugar Limited, Private Bag 3, Glenashley, 4022. 2002.
 22. Bhagat, J.J. National Plan for Improving Efficiency in Indonesian Sugar Industry - Field & Factory. STM Projects Limited. New Delhi. India. 2012.

PERANCANGAN JIG MD CUTTING SEBAGAI PENGGANTI PROSES PEMOTONGAN MANUAL PADA MD KONEKTOR

DESIGN OF MD CUTTING JIG AS REPLACEMENT FOR THE PROCESS OF CUTTING MANUAL MD CONNECTOR

Febryan Maulana

Pusat Teknologi Industri Permesinan, TIRBR - BPPT,
Gd. Teknologi 2 Puspiptek, Serpong
e-mail : febryan.maulana@bppt.go.id

Abstrak

Pada industri pembuatan konektor, produsen dituntut agar menghasilkan produk yang murah dengan tidak mengurangi kualitas produk yang dihasilkan. Hal ini menuntut perusahaan melakukan peningkatan kapasitas produksi tanpa mengurangi kualitas produk yang dihasilkan, serta tanpa mengabaikan faktor keselamatan kerja operator. Untuk dapat memenuhi semua tuntutan itu maka diperlukan sebuah alat yang dapat menghasilkan produk dengan kualitas yang baik, dan seragam serta waktu produksi yang efisien. Jig MD cutting dirancang guna memenuhi kebutuhan produksi akan alat potong batang produk MD konektor. Yang pada awalnya proses pemotongan dilakukan dengan bantuan gunting kuku, akan tetapi pemotongan dengan gunting kuku hasilnya kurang baik, prosesnya memakan waktu yang cukup lama dan faktor keamanannya kurang. Dari hasil pengujian, alat ini dan metode pemotongan sebelumnya. Dapat disimpulkan bahwa alat ini mampu menghasilkan produk dengan kualitas pemotongan yang lebih akurat dengan tingkat keseragaman yang merata, dan proses pemotongan yang lebih cepat.

Kata kunci : konektor, Jig, efisien

Abstract

In the industrial of connectors manufacturing, manufacturers are required to produce a cheap product without reducing the quality of the product. This requires the company to increase the production of capacity without reducing the quality of the products produced, and without ignoring the factor of safety of the operator. In order to meet all these demands, it is needed a device that can produce products with good quality, uniform and efficient production time. MD cutting jig designed to meet the needs of production of the tool rod connectors MD products. The cutting process was originally done by nail scissor, but this process takes long time, unfavorable outcome and less safety. From the test result of this tool and cutting methods before, it can be concluded that the tool is able to produce quality products with a more accurate cuts with a uniform level of uniformity and process faster cutting.

Keywords : Connectors, Jig, Efficient

Diterima (received) : 24 April 2016, Direvisi (reviewed) : 10 Mei 2016, Disetujui (accepted) : 15 Juni 2016

PENDAHULUAN

Pesaingan dunia industri akan berdampak pada kompetitifnya harga jual

suatu produk, sehingga harga jual dan kualitas produksi menjadi titik penting dari suatu proses produksi itu sendiri. Berbagai cara ditempuh untuk mendapatkan biaya produksi

yang rendah tanpa mengesampingkan kualitas produk itu sendiri tentunya, salah satu cara untuk menekan biaya produksi yaitu dengan optimalisasi proses produksi, yaitu perubahan proses produksi secara konvensional menjadi semiotomasi, ataupun otomasi. Sehingga kuantitas dan kualitas produksi akan lebih meningkat. Hal ini menuntut perusahaan melakukan peningkatan kapasitas produksi tanpa mengurangi kualitas produk yang dihasilkan, serta tanpa mengabaikan faktor keselamatan kerja operator

Untuk dapat memenuhi semua tuntutan itu maka diperlukan sebuah alat yang dapat menghasilkan produk dengan kualitas yang baik, dan seragam serta waktu produksi yang efisien. Jig MD cutting dirancang guna memenuhi kebutuhan produksi akan alat potong batang produk MD konektor. Yang pada awalnya proses pemotongan dilakukan dengan bantuan gunting kuku, akan tetapi pemotongan dengan gunting kuku hasilnya kurang baik, prosesnya memakan waktu yang cukup lama dan faktor keamanannya kurang. Perancangan Jig MD cutting selain sebagai alat potong juga sebagai alat ukur, baik atau tidaknya produk yang dihasilkan karena alat ini memiliki dimensi potong yang terukur sehingga produk yang dihasilkan tidak menyimpang dari spek dimensi yang diharapkan

LANDASAN TEORI

A. Konektor

konektor adalah perangkat elektro-mekanik untuk menggabungkan sirkuit listrik sebagai penghubung menggunakan perakitan mekanis. Sambungan bersifat sementara, seperti untuk peralatan portabel, memerlukan alat untuk perakitan dan pelepasan, dapat pula menggabungkan listrik bersifat permanen antara dua kabel atau perangkat.

Pada dasarnya konektor dibagi menjadi 2 bagian utama yaitu :

1. Housing merupakan rumah atau dudukan untuk penempatan contact, housing terbuat dari plastik dengan menggunakan proses injeksi molding.
2. Contact merupakan bagian dari konektor sebagai penghubung listrik atau arus yang dipasang pada housing sesuai dengan susunan atau layout produk. Contact terbuat dari bahan konduktor yang biasa dipakai adalah bahan tembaga, contact ini terbentuk dari proses pressing, bending dan punching pada stamping.



Gambar 1. Konektor tipe MD
(Sumber: Katalog PT JST. Indonesia)



Gambar 2. Komponen konektor tipe MD
(Sumber: Katalog PT JST. Indonesia)

B. Plastik

Istilah plastik mencakup produk polimerisasi sintetik atau semi sintetik yang terbentuk dari kondensasi organik atau penambahan polimer dan bisa juga terdiri dari zat lain untuk meningkatkan performa atau ekonomi. Ada beberapa polimer alami yang termasuk plastik. Plastik dapat digolongkan berdasarkan :

1. Sifat fisiknya

a. Termoplastik.

Merupakan jenis plastik yang bisa didaur-ulang/dicetak lagi dengan proses pemanasan ulang. Contoh: polietilen (PE), polistiren (PS), ABS, polikarbonat (PC), PBT (Polibutilena Terephthalate)

b. Termoset.

Merupakan jenis plastik yang tidak bisa didaur-ulang/dicetak lagi. Pemanasan ulang akan menyebabkan kerusakan molekul-molekulnya. Contoh: resin epoksi, bakelit, resin melamin, urea-formaldehida

2. Kinerja dan penggunaannya

a. Plastik komoditas

- 1) sifat mekanik tidak terlalu bagus
- 2) tidak tahan panas
Contohnya: PE, PS, ABS, PMMA, SAN,
Aplikasi: barang-barang elektronik, pembungkus makanan, botol minuman

b. Plastik teknik

- 1) Tahan panas, temperatur operasi di atas 100 °C

- 2) Sifat mekanik bagus Contohnya: PA, POM, PC, PBT
Aplikasi: komponen otomotif dan elektronik
- c. Plastik teknik khusus**
 - 1) Temperatur operasi di atas 150 °C
 - 2) Sifat mekanik sangat bagus (kekuatan tarik di atas 500 Kgf/cm²).
Contohnya: PSF, PES, PAI, PAR.
Aplikasi: komponen pesawat

Tabel 1.
Karakteristik PBT

Property	Unit	PBT (from Cast CBT)
Density	g/cm ³	1.33
Tensile Strength	Mpa	68
Tensile Modulus	Mpa	3600
Flexural Strength	Mpa	100
Flexural Modulus	Mpa	3000
Impact Strength	KJ/m ²	23

(Sumber: High Performance Plastics 2005, Rapra technology, Vienna Austria)

C. Gaya potong

Gaya potong merupakan hal yang paling berpengaruh dalam sebuah perancangan sebuah alat potong. Dari perhitungan gaya potong ini seorang perancang dapat menentukan material apa yang harus digunakan sebagai alat potongnya. Untuk menghitung gaya potong menggunakan rumus:

$$F_s = 0,8 \times U \times s \times \uparrow \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

- F_s = Gaya potong [N]
- U = Keliling potong [mm]
- s = Tebal benda potong [mm]
- ↑ = Tegangan tarik maksimum benda yang dipotong [N/mm²]

D. Baja Perkakas

Baja perkakas (tool steel) merupakan baja berkualitas tinggi yang banyak digunakan untuk membuat perkakas potong (cutting tool) atau perkakas pembentuk (forming tool) Baja perkakas diklasifikasikan atas beberapa hal, yaitu berdasarkan media quenching dalam proses pengerasannya, misalnya oli, air, atau udara.

- 1. Berdasarkan kadar paduannya :
 - a. seperti baja perkakas karbon (carbon tool steel)
 - b. baja perkakas paduan rendah (low alloy tool steel)

- c. dan baja perkakas paduan menengah (medium 160 alloy tool steel).
- 2. Berdasarkan pemakaian :
 - a. baja pengerjaan panas (hot-work steel)
 - b. baja pengerjaan dingin (cold-work steel)
 - c. dan baja kecepatan tinggi (high-speed steel)

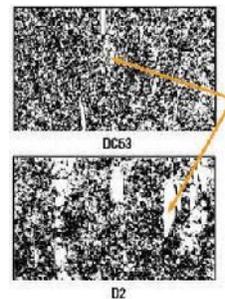
DC53 merupakan baja pengerjaan dingin yang memiliki Ketangguhan, ketahanan aus, Kuat Tekan dan ketahanan proses Temper. baja tipe ini biasanya digunakan antara lain :

- a. Punches & dies
- b. Shear blades
- c. Thread & form rolls
- d. Mill rolls & slitters
- e. Draw & forum dies
- f. Shredder knives
- g. Cold heading dies

Tabel 2.

Komposisi dan karakteristik DC53 (sumber: katalog ALRO steel)

chemical composition %						Anneal hardness	210-225
						Specific gravity(g/cm ³)	7.76
C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Density(lb/inchi ³)	0.2793
0.95	1.0	0.4	8.0	2.0	0.3	young modulus (E)	21,700
						M of Rigid (G)	8,480
						poisson's ratio	28



Gambar 3.

Perbandingan karbida DC53 dengan D2 (sumber: katalog ALRO steel)

Karbida Dasar di DC53 adalah relatif kecil dengan distribusi sangat seragam dibandingkan dengan baja perkakas lainnya seperti D2. Hal ini meningkatkan tingkat ketangguhan DC53 dan ketahanan lelah.

E. Bantalan

Secara umum bantalan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- 1. Atas dasar gerakan bantalan terhadap poros.
 - a. Bantalan luncur

- b. Bantalan Gelinding
- 2. Atas dasar arah beban terhadap poros
 - a. Bantalan radial
 - b. Bantalan aksial
 - c. Bantalan gelinding khusus

Dalam kegiatan rancang bangun umumnya perancang hanya Mempertimbangkan jenis dan ukuran bantalan yang akan digunakan, sehingga analisa yang dilakukan berkisar pada umur bantalan itu sendiri. Analisa umur bantalan dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$$L = [C]$$

$$We \times 106 \text{ putaran} \dots\dots\dots (2)$$

Beban equivalen yang bekerja :

$$We = [WR \times XR + WT \times YT] \times KS \dots\dots\dots(2)$$

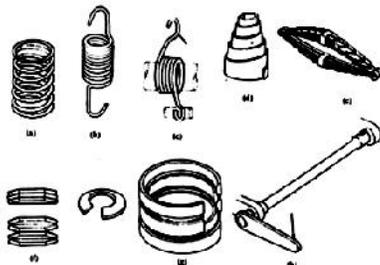
Keterangan :

- We = Beban equivalen
- C = kapasitas beban WR XR
- = Beban radial
- = Faktor radial L dinamis dari bantalan
- = Umur bantalan WT KS
- = Faktor thrust
- = Service factor YT
- = Faktor thrust

F. Pegas

Pegas adalah sebuah elemen mesin elastis yang berfungsi untuk mencegah distorsi pada saat pembebanan dan menahan pada posisi semula pada saat posisinya dirubah.

- 1. Jenis – jenis pegas :
 - a. Pegas tekan atau kompresi
 - b. Pegas tarik
 - c. Pegas Puntir
 - d. Pegas Volut
 - e. Pegas daun
 - f. Pegas piring (plat)
 - g. Pegas cincin
 - h. Pegas torsi atau batang puntir



Gambar 4.

Jenis-jenis pegas Sumber : Elemen mesin Pegas dapat berfungsi sebagai pelunak tumbukan atau kejutan seperti pegas kendaraan, sebagai penyimpan energi

seperti pada jam, untuk pengukur seperti pada timbangan, dll.

2. Bahan pegas

Pegas dapat dibuat dari berbagai jenis bahan sesuai pemakaiannya. Bahan baja dengan penampang lingkaran adalah yang paling banyak dipakai

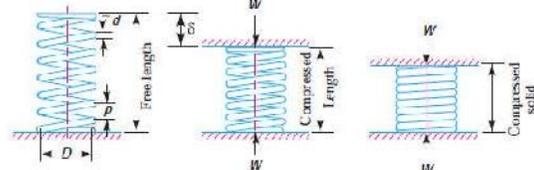
Material	Allowable shear stress (MPa)			Modulus of rigidity (G) kN/m ²	Modulus of elasticity (E) kN/m ²
	Severe service	Average service	Light service		
1. Carbon Steel					
(a) Up to 2.125 mm dia.	420	525	651	80	210
(b) 2.125 to 4.625 mm dia.	385	483	595	80	210
(c) 4.625 to 8.00 mm dia.	336	420	525	80	210
(d) 8.00 to 13.25 mm dia.	294	364	455	80	210
(e) 13.25 to 24.25 mm dia.	252	315	392	80	210
(f) 24.25 to 38.00 mm dia.	224	280	350	80	210
2. Music Wire	392	490	612	80	210
3. Oil Tempered wire	336	420	525	80	210
4. Hard drwn Spring wire	280	350	437.5	80	210
5. Stainless-steel wire	280	350	437.5	70	196
6. Monel Metal	196	245	306	44	105
7. Phospor Bronze	196	245	306	44	105
8. Brass	140	175	219	35	100

Gambar 5.

Material pegas Sumber : Elemen mesin, Sularso

Material dari pegas harus memiliki kekuatan fatigue tinggi, ductility tinggi, ketahanan tinggi dan harus tahan creep.

3. Pegas helik (tekan / tarik)



Gambar.6. Pegas tekan

- a. Panjang Rapat (Solid length of the spring) :

$$= n' \cdot d \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :n' = jumlah koil lilitan
d = diameter kawat
- b. Panjang Bebas (Free length of the spring)

$$L_f = n'd + mak + (n' - 1) \times 1 \text{ mm.}(3)$$

Dalam kasus ini, jarak antara dua kumparan yang berdekatan diambil 1 mm.
- c. Indek pegas (C)

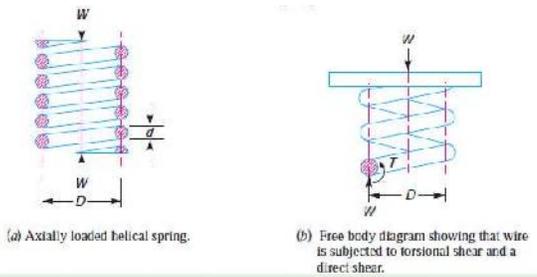
Didefinisikan sebagai rasio perbandingan antara diameter pegas dengan diameter kawat, persamaan matematikanya adalah :

$$\text{Indek pegas (C)} = D/d \dots\dots\dots (3)$$

Dimana : D = diameter lilitan / pegas

- d. Spring rate (k)
 Didefinisikan sebagai sebagai beban yang diperlukan per unit defleksi pegas, persamaan matematikanya adalah :
 $k = W / \dots \dots \dots (3)$
 Didefinisikan sebagai jarak aksial antara kumparan yang berdekatan pada daerah yang tidak terkompresi.
 Pitch (p) = panjang bebas
 $n - 1 \dots \dots \dots (3)$
 Atau dapat dicari dengan cara :
 Pitch coil, $p = L_f - L_{sn} + d \dots (3)$

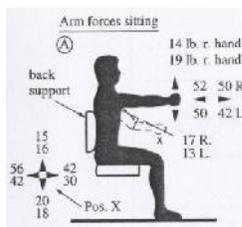
- e. Tegangan pada pegas helik :



Gambar 7.
Gaya yang bekerja

- D = Diameter coil spring,
 d = Diameter kawat pegas
 n = Jumlah kumparan aktif,
 W = Beban aksial
 G = modulus kekakuan material,
 p = pitch of coil D
 C = spring indek = d / D
 = Tegangan geser maksimum pada kawat
 = Defleksi pada pegas seperti gaya aksial pada beban W

- G. Kekutan manusia
 Faktor SDM sangat lah jadi peran utama bagi segala bidang pekerjaan. Begitupun dalam proses perancangan sebuah alat yang nantinya akan dioperasikan oleh manusia itu sendiri, berikut ini lah data-data kekuatan manusia dalam mengoperasikan sebuah alat sebagai pedoman dalam proses perancangan.

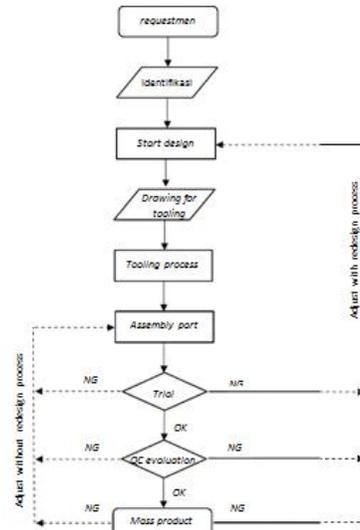


Gambar 8.

Human strength
 Sumber : The Mechanical Design Process, David G. Ullman

METODE

Berikut ini adalah metodologi perancangan yang dilakukan oleh perusahaan X dalam melakukan proses design

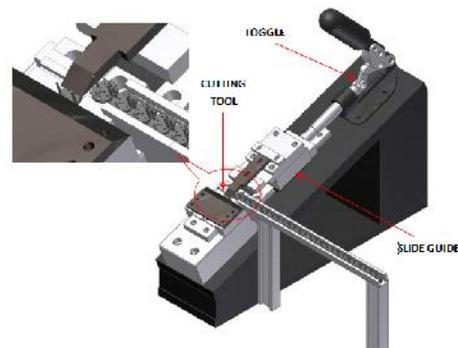


Gambar 9.
Skema metodologi perancangan

Perancangan MD cutting

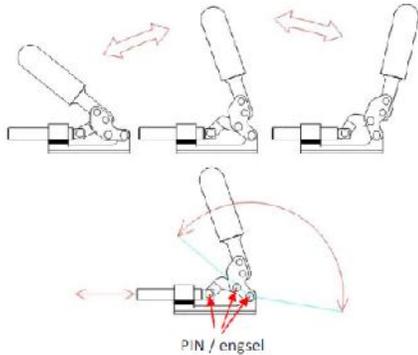
1. Rancangan Alat

MD cutting terdiri terdiri dari 3 bagian utama yaitu : toggle, cutting tool dan slide guide



Gambar 10.
Alat MD Cutting

1. Toogle



Gambar 11.
Toggle

Toggle berfungsi sebagai pengendali atau kontrol operasi. Dimana gaya operator yang akan menjadi sumber energi dari proses potong alat ini. Sehingga untuk menentukan tipe toggle yang akan digunakan harus mengetahui mekanisme dan gaya-gaya yang bekerja.

a. Pemilihan toggle

Toggle yang dibutuhkan memiliki gaya tekan lebih besar dari gaya potong batang konektor yang dibutuhkan.

Gaya potong batang 1

$$F1 = 42.7 \text{ [N]}$$

Gaya potong batang 2

$$F2 = 30.84 \text{ [N]}$$

$$F_{potong} = 42.7 \text{ [N]} + 30.84 \text{ [N]} = 73.54 \text{ [N]}$$

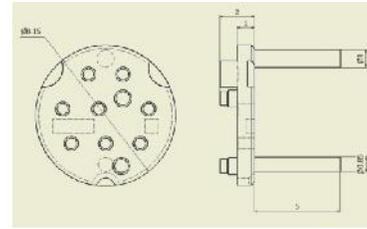
Dari kebutuhan gaya potong $F_{potong} = 70.54 \text{ [N]}$, maka dipilih toggle tipe TC02SM dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3.
Data toggle Sumber : katalog MISUMI

Catalog No.	TC02SM
Body Material	1.0040/Ust.42.2
Surface Treatment	Bright Chromate
Oil Free Bushing	LFZB12-12 2Pcs.
Stroke (mm)	30
Tightening Pressure(N)	1960
open-close angle handle	150
Tare (g)	370
unit Price Qty.1-9	29,80

Gaya penekanan toggle lebih besar dari gaya yang dibutuhkan, maka toggle tipe ini dapat digunakan.

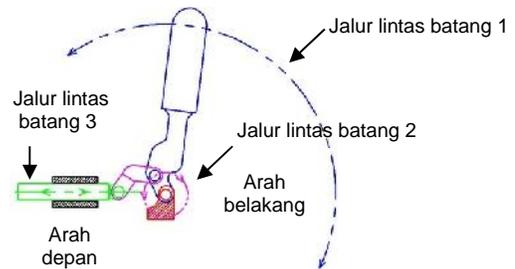
Sedangkan stroke yang dibutuhkan harus melebihi dari diameter produk konektor, agar pendistribusian konektor dari konveyor ke MD cutting tidak terganggu.



Gambar 12.
Ukuran MD konektor Sumber : Inventor dan katalog produk PT.JST.Indonesia

Dari gambar terlihat diameter produk 8.15[mm] sedangkan stroke dari toggle 30[mm], maka stroke toggle memenuhi dari kebutuhan.

b. Mekanisme kerja toggle

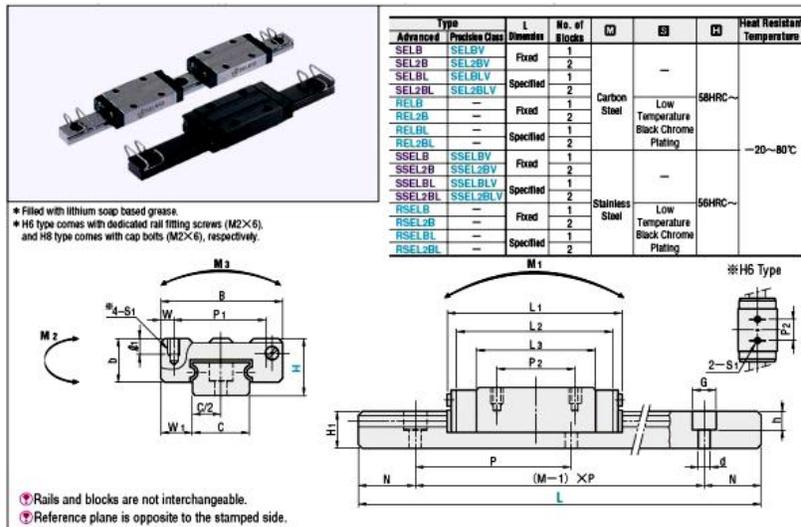


Gambar 13.
Mekanisme kerja toggle Sumber : Inventor dan katalog MISUMI

Dapat dilihat dari gambar diatas bahwa arah gerak mekanisme toggle terlihat dari lintasan-lintasan gerak batang. Dimana jika batang 1 digerakan memutar kebelakang mengikuti lintasannya akan memutar mundurkan batang 2 diarah lintasannya sehingga batang 3 akan bergerak kebelakang, begitu pula jika sebaliknya.

2. Slide guide

Slide guide dalam alat MD cutting digunakan sebagai landasan atau dudukan cutting tool agar dapat berjalan maju mundur mengikuti arah toggle digerakkan, dalam melakukan proses pemotongan.



Gambar 14.

Data spesifik slide guide Sumber : katalog MISUMI

Gambar 15.

Data spesifik slide guide Sumber : katalog MISUMI

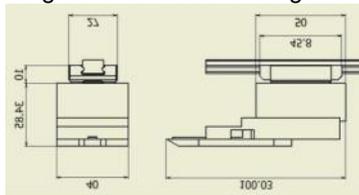
Catalog No.		H	W ₁	Block Dimension								Guide Rail Dimension						
Type				B	L1	L2	L3	W	P1	P2	S1	l1	b	H1	C	DXgXh	P	N
Carbon Steel (1Block)	Carbon Steel (2Block)	6	3.5	12	21	18.8	13.3	6	-	7	M2.6	1.8	17	4.5	5	2.4*3.5*1	5	15
SELB	SEL2B																	
SELBV	SEL2BV																	
SELBL	SEL2BL																	
SELBLV	SEL2BLV	8	5	17	32	29	22	3	12	13	M2.6	2.5	19	6.5	7	2.4*4.2*2.3	5	15
Low temperature Black Chrome																		
RELB	REL2B																	
RELBL	REL2BL	10	5.5	20	40	37	29	3	15	16		3	21	7.8	9	3.5*6*3.5	8	20
stainless Steel (1Block)		stainless Steel (2Block)																
SSELB	SSEL2B	13	7.5	27	46	42.8	31.8		20	20	M3	3.5	13	10	12		10	25
SSELBV	SSE2BV																	
SSELBL	SSEL2BL							3.5								3.5*6*4.5		
SSELBLV	SSE2BLV	16	8.5	32	58	55.3	43.3		25	25		4	16	12	15		15	40
Low temperature Black Chrome																		
RSELB	RSEL2B																	
RSELBL	RSEL2BL	20	10	40	68	64.7	52.3	5	30	30	M4	5	20	15	20	6*9.5*5.5	20	60
h6IS FOR STAINLESS STEEL																		

Tabel 4.
Data spesifik slide guide Sumber : katalog MISUMI

H	Basic Load rating		Allowable static Moment			Mass	
	C(Dynamic) kN	Co(Static) kN	M ₁ N.m	M ₂ N.m	M ₃ N.m	Blocks Kg	Guide Rails Kg/m
6	0.6	1.0	1.8	1.8	2.3	0.005	0.1
8	1.6	2.4	7.5	7.5	9.0	0.016	0.2
10	2.2	3.7	12.3	12.3	13.0	0.03	0.3
13	3.5	5.3	24.5	26.4	32.3	0.06	0.6
16	5.8	8.7	57.8	62.6	67.6	0.10	1.0
20	7.2	13.5	80.7	80.7	138.2	0.18	1.6

Kgf =Nx0.101972

- a. Pemilihan slide guide
Pemilihan slide guide dilihat dari dimensi cutting tool yang akan dipasangkan dilandasan slide guide.

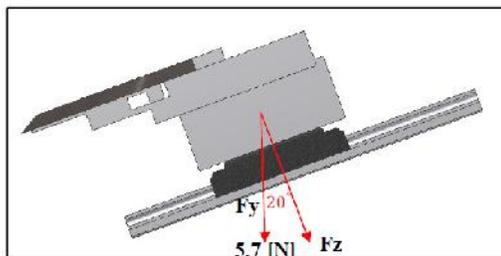


Gambar 16.

Ukuran cutting tool Sumber : Inventor dan katalog MISUMI

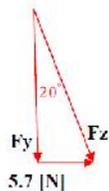
Dimensi-dimensi gambar diatas menunjukkan ukuran cutting tool saat dipasangkan dengan landasan slide guide. Pemakaian slide guide tipe ini dari segi ukuran terlihat proporsional.

Untuk beban yang dapat ditahan slide guide dapat diperhitungkan seperti dibawah ini.



Gambar 17.

Beban pada cutting tool
Sumber : Autodesk Inventor



Gambar 18.

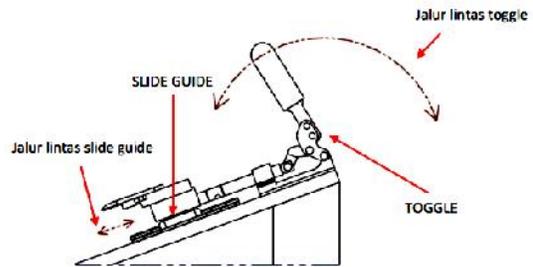
Trigonometri gaya

$$\cos 20^\circ = \frac{F_y}{F_z} = \frac{5.7 [N]}{F_z}$$

$$F_z = \frac{5.7 [N]}{\cos 20^\circ} = 6.07 [N]$$

Jadi beban cutting tool yang ditahan oleh slide guide sebesar $F_z = 6.07 [N]$, sedangkan beban yang dapat ditahan slide guide itu sendiri sebesar 3.5[KN]. Sehingga slide guide tipe ini, aman digunakan dalam perancangan MD cutting.

- b. Mekanisme kerja slide guide

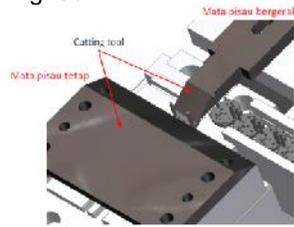


Gambar 19.

Mekanisme gerak slide guide
Sumber : Inventor dan katalog MISUMI

Slide guide terpasang dengan toggle sehingga dalam pergerakannya mengikuti gerakan dari toggle itu sendiri. Dapat dilihat dari gambar diatas, jika toggle digerakan memutar ke depan maka pergerakan slide guide akan maju ke depan begitu juga sebaliknya jika toggle digerakkan memutar ke belakang maka nslide guide akan bergerak ke belakang.

3. Cutting tool



Gambar 20.

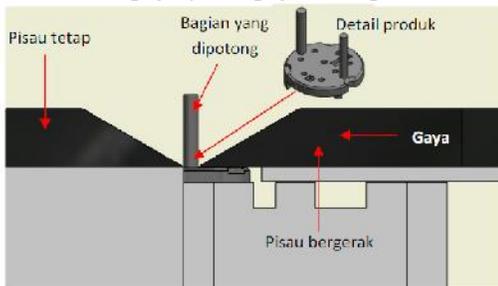
Cutting tool Sumber : Autodesk Inventor

Cutting tool dirancang menggunakan 2 buah mata pisau potong, yang pertama mata pisau tetap dan yang kedua mata pisau bergerak, dimana bergerak maju mundur dalam proses pemotongannya seperti gambar diatas.

Cutting tool terbuat dari material DC53 yang memiliki kekerasan hingga 63HRC.

a. Pemilihan material potong (tool steel)

Untuk mengetahui material yang tetap dalam proses perancangan alat potong, terlebih dahulu mengetahui gaya yang dibutuhkan dalam proses pemotongan konektor itu sendiri. Kebutuhan gaya potongnya sebagai berikut :



Gambar 21.

Proses potong MD konektor Sumber : Autodesk Inventor

Gaya potong batang 1

$$F1 = 42.7 \text{ [N]}$$

Gaya potong batang 2

$$F2 = 30.84 \text{ [N]}$$

$$F_{potong} = 42.7 \text{ [N]} + 30.84 \text{ [N]} = 73.54 \text{ [N]}$$

Maka kebutuhan gaya potong $F_{potong} = 73.54 \text{ [N]}$

Menghitung besarnya gaya tarik minimum material cutting tool.

$$\sigma_t = \frac{F}{A} = \frac{5.7 \text{ [N]}}{F_2}$$

Keterangan :

σ_t = Tegangan tarik cutting tool [N/mm²]

F = Gaya yang terjadi pada cutting tool [N]

A = Luas penampang potong pada cutting tool [mm²] F = 73.54[N]

A = luas penampang potong batang 1 + luas penampang potong batang 2

Perhitungan batang 1 ($\varnothing = 1 \text{ [mm]}$)

$$U_{xs} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 1^2 = 0.785 \text{ [mm]}^2$$

Perhitungan batang 2 ($\varnothing = 0.85 \text{ [mm]}$)

$$U_{xs} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 0.85^2 = 0.567 \text{ [mm]}^2$$

$$A = 0.785 \text{ [mm]}^2 + 0.567 \text{ [mm]}^2 = 1.352 \text{ [mm]}^2$$

Maka :

$$\sigma_t = \frac{F}{A} = \frac{73.54 \text{ [N]}}{1.352 \text{ [mm]}^2} = 54.39 \frac{\text{[N]}}{\text{[mm]}^2}$$

Maka untuk memotong batang konektor memerlukan tegangan tarik material diatas tegangan tarik yang dibutuhkan.

Pemakaian cutting tool dari material DC53 dapat menjadi pilihan dengan data spesifik seperti berikut :

Tabel 5.
Karakteristik DC53 Sumber :
katalog Steel SS

D35 CHEMICAL COMPOSITION AND MECHANICAL PROPERTIES

Physical Properties	Metric	English
Specific Gravity	7.87g/cc	7.87g/cc
Mechanical Properties	Metric	English
Hardness, Rockwell C	7.87g/cc	7.87g/cc
Tensile Strenght , Ultimate	2750 Mpa	398000 psi
Modulus Elasticity	150 Gpa	21700ksi

$$\sigma_t \text{ DC53} = 2750 \text{ [MPa]} = 2750 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

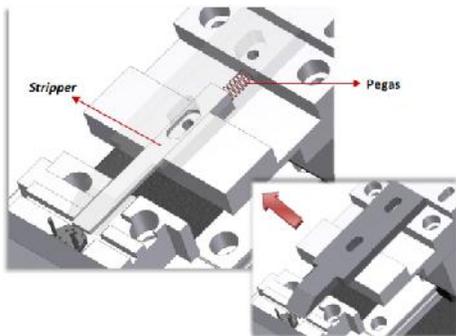
$$2750 \text{ [N/mm}^2\text{]} > 54.39 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$\sigma_t \text{ DC53} > \sigma_t$ yang dibutuhkan

Maka pemakaian cutting tool dengan material DC53 dapat digunakan.

4. Stripper

Stripper berfungsi sebagai pemegang produk saat proses pemotongan, sekaligus mendorong produk yang telah terpotong masuk ke bawah pisau potong tetap guna memisahkan produk jadi dan batang scrub serta sebagai kontrol OK atau tidaknya hasil pemotongan.



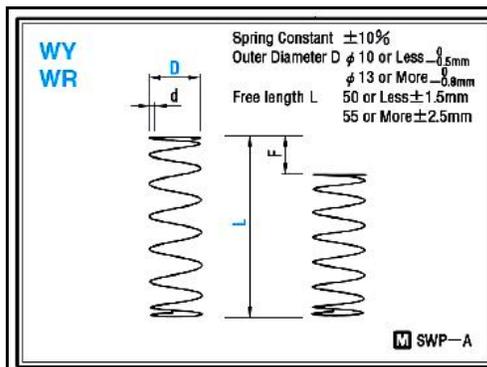
Gambar 22.
Stripper Sumber : Autodesk Inventor

a. Menentukan jenis pegas

Pegas yang digunakan untuk stripper merupakan pegas tekan, dimana pegas menyimpan gaya saat toggle maju atau proses memotong, dan pegas mulai mendorong produk setelah batang konektor terpotong

Tabel 6.
Data pegas Sumber : katalog MISUMI

N/mm(kgf/m)								
D /Type	WY	WR	WF	WL	WT	WM	WH	WB
2				0.5 (0.05)				
3					1.5 (0.15)	2.0 (0.2)		3.9 (0.4)
4							2.9 (0.3)	4.9 (5.0)
5	0.1 (0.01)							
6								
8		0.3 (0.03)	0.5 (0.05)	1.0 (0.1)			5.9 (0.6)	9.8(1.0)
10					2.0 (0.2)	2.9 (0.3)		
12								
13	0.2 (0.02)						9.8 (1.0)	19.6 (2.0)
14								
16								
18								29.4 (0.3)
20		0.5 (0.05)	1.0 (0.1)	20. (0.2)	3.9 (0.4)	4.9 (0.5)	14.7 (1.5)	
22								29.4 (0.3)
27								
Fmax	f=Lx75%	f=Lx60%	f=Lx45%	f=Lx40%	f=Lx40%	f=Lx35%	f=Lx30%	f=Lx25%



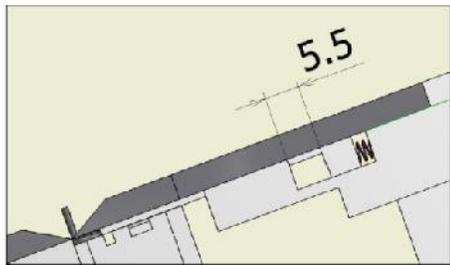
Tabel 7.
Data pegas Sumber : katalog MISUMI

WR : Fmax, (allowable Deflection) = Lx60%

d	Solid Length	F Max	Load N Max.	Catalog No. Type D-L	Unit Price Qty 1-9
0.23	1.8	3	0.9	WR 3-5	
0.25	2.3	6	1.8	10	0.60
0.3	4.8	9	2.6	15	
0.3	4.8	12	3.5	20	
0.32	6.8	15	4.4	25	0.65
0.32	6.8	18	5.3	30	
0.35	11.5	21	6.2	35	
0.35	11.5	24	7.1	40	

b. Menghitung gaya dorong stripper

Load P [N] = (Spring Constant k [N/mm] x Deflection F [mm])

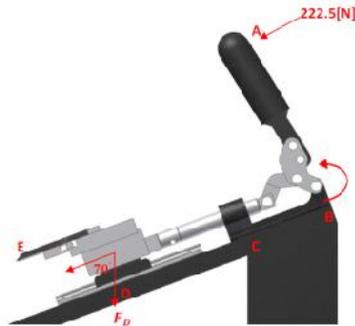


Gambar 23.
Jarak tekan stripper Sumber : Autodesk Inventor

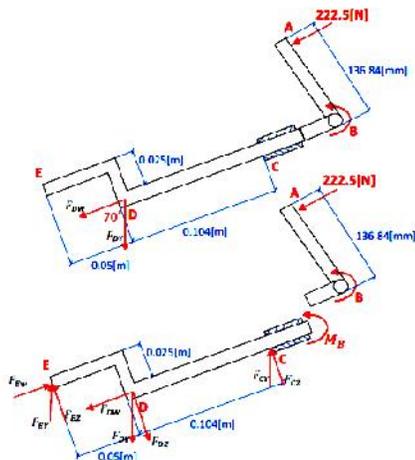
$$P [N] = 0.3 \frac{[N]}{[mm]} \times 5.5 [mm] = 1.65 [N]$$

Gaya tekan pegas sama dengan gaya dorong pegas. Maka gaya dorong yang dihasilkan stripper sebesar 1.65[N].

C. Perhitungan



Gambar 24.
Gaya-gaya yang bekerja



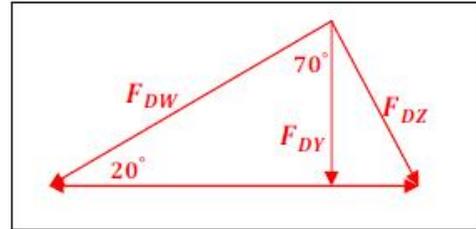
Gambar 25.
FBD gaya –gaya JIG MD

Mencari momen yang terjadi pada toggle :

$$F_A = 222.5[N] \approx 22.6795[Kg] \times 9.81 \frac{[N]}{[m^2]} = 50 [Lb] \dots\dots(4)$$

$$L = 136.84[mm] \quad 0.137[m]$$

$$M_B = 222.5[N] \times 136.84 = 30.48[Nm]$$



Gambar 26.
Trigonometri gaya

Beban yang cutting tool yang terjadi :

$$F_{DY} = 5.7[N]$$

$$\sin 20^\circ = \frac{F_{DY}}{F_{DW}}$$

$$F_{DW} = \frac{5.7 [N]}{\sin 20^\circ} = 16.666[N]$$

$$\cos 20^\circ = \frac{F_{DZ}}{F_{DW}}$$

$$F_{DZ} = \frac{5.7 [N]}{\cos 20^\circ} = 6.07[N]$$

Jadi beban yang diterima slide guide sebesar 6.07 [N]

Untuk mencari gaya potong yang bekerja pada cutting tool dapat diperoleh dengan mencari gaya pada FEW?

$$\sum MC = 0$$

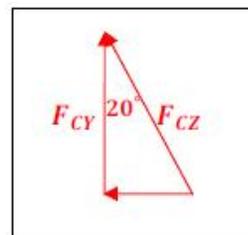
$$FEW \times 0.025 [m] - MB = 0$$

$$FEW \times 0.025 [m] = MB$$

$$FEW = \frac{MB}{0.025 [m]} = \frac{30.48 Nm}{0.025 [m]} \times 5.5 [mm] = 1219.2 [N]$$

Sehingga gaya potong yang bekerja pada alat MD cutting sebesar : 1219.2[N] – Fpegas = 1219.2[N] – 1.65[N] = 1217.55[N]

Mencari momen yang terjadi pada slide guide, dapat dicari dengan mencari gaya-gaya reaksi tumpuan pada FEZ , FEY , FCZ dan FCY terlebih dahulu.



Gambar 27.
Trigonometri gaya

$$\sum MC = 0$$

$$\begin{aligned}
 FEZ \times 0.154[m] - FDZ \times 0.104[m] - ME \\
 FEZ \times 0.154[m] &= FDZ \times 0.104[m] + MB \\
 FEW \times 0.025[m] &= MB \\
 FEW - \frac{MB}{0.025[m]} &= \frac{30.48 \text{ Nm}}{0.025[m]} \times 5.5 [mm] = 1219.2 [N] \\
 FEZ - \frac{FDZ \times 0.104[m] + MB}{0.154[m]} \\
 FEZ &= \frac{6.07 \times 0.104[m] + 30.48}{0.154[m]} \\
 FEZ &= 2002.02 [N]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sum ME = 0 \\
 FCZ \times 0.154[m] + FDZ \times 0.154[m] - MB = 0 \\
 -FCZ \times 0.154[m] - FDZ \times 0.154[m] + MD \\
 -FCZ = \frac{-FDZ \times 0.154[m] + MB}{0.154[m]} \\
 FCZ = 195.95 [N]
 \end{aligned}$$

Maka $F_{cy} =$

$$\begin{aligned}
 \cos 20^\circ &= \frac{F_{cy}[N]}{F_{cz}[N]} \\
 F_{cy} &= 184.13 [N]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka } MD &= FEZ \times 0.05 [mm] - FCZ \times 0.104 [m] \\
 MD &= 202.02 [N] \times 0.05 [m] - 195.95 [N] \times 0.104 [m] \\
 MD &= 10.2778 [Nm] \text{CCW}
 \end{aligned}$$

Momen yang terjadi pada slide guide masih dalam batas dari spek yang ada, maka konstruksi alat ini dapat digunakan dengan aman.

SIMPULAN

Jig MD cutting dirancang guna memenuhi kebutuhan produksi akan alat potong batang produk MD konektor. Yang pada awalnya proses pemotongan dilakukan dengan bantuan gunting kuku, akan tetapi pemotongan dengan gunting kuku hasilnya kurang baik, prosesnya memakan waktu yang cukup lama dan faktor keamanannya kurang. Perancangan jig ini diawali dengan menggunakan toggle dan operator sebagai sumber energinya. Hal ini dilakukan untuk melihat kualitas produk hasil pemotongan., jika dianggap baik maka alat ini dapat dilakukan otomasi dengan mengganti toggle dengan motor ataupun pneumatik agar mendapatkan efisiensi yang lebih maksimal. Penggunaan Jig MD cutting selain sebagai alat potong juga sebagai kontrol hasil potong, baik atau tidaknya produk yang dihasilkan

karena alat ini memiliki dimensi potong yang terukur sehingga produk yang dihasilkan tidak menyimpang dari spek dimensi yang diharapkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ucapkan terima kasih kepada rekan rekan mahasiswa Universitas Pancasila dan rekan – rekan PT. JST atas bantuannya yang membantu dalam kelancaraan penelitian saya ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Fatchu rohman, OTOMASI PADA MESIN PEMOTONG KONEKTOR UNTUK KABEL Ø1.25mm MENGGUNAKAN PLC, Jakarta, Skripsi Tugas Akhir Teknik Mesin Universitas Pancasila 2012
2. Sularso dan Kiyokatsu Suga, DASAR PERENCANAAN DAN PEMILIHAN ELEMEN MESIN, PT. Pradnya Paramita, Jakarta 2004.
3. David G. Ullman, The Mechanical Design Process, fourth edition, McGraw-Hill, New York, 2003.
4. Rapra Technology Limited, High Performance Plastics 2005, iSmithers Rapra Publishing, Austria, 2005.
5. Internet, conector catalog, www.jst.com
6. Internet, DC53 medium chrome tool steel, katalog www.alro.com, download 01/11/2012 12.56pm
7. Katalog MISUMI
8. Khurmi, R.S dan JK Gupta. 1982. A TEXT BOOK OF MACHINE DESIGN. New Delhi : Eurasia Publising House (Ovt) LTD
9. Kinneer, Thomas C.; James R. Taylor (1996). Marketing research : an applied approach (5th ed). New York: McGraw-Hill, Inc kutipan dari Dr Asep Hermawan, M.Sc, Penelitian Bisnis Paradigma Kuantitatif, pt grasindo Jakarta, 2005
10. Kutipan kotler dari buku Rhenald Kasali, Ph.D., CHANGE, Gramedia Jakarta, 2007

ANALISIS POTENSI BAHAYA LEDAKAN SPPBE DI SEKITAR CALON TAPAK RDE

ANALYSIS OF THE POTENTIAL EXPLOSION HAZARD SPPBE AROUND THE CANDIDATE SITE RDE

Siti Alimah, Dedy Priambodo, June Mellawati

Pusat Kajian Sistem Energi Nuklir- BATAN
Jl. Kuningan Barat, Mampang Prapatan; Jakarta 12710, Telp/ Fax : (021) 5204243
E-mail : alimahs@batan.go.id dedypriambodo@batan.go.id june_mellawati@batan.go.id

Abstrak

Potensi bahaya eksternal akibat ulah manusia terhadap tapak RDE (Reaktor Daya Eksperimental) harus diidentifikasi dan dianalisis untuk memperoleh basis desain yang cocok dengan instalasi yang akan dibangun di lokasi tapak tersebut. Salah satu sumber bahaya eksternal tersebut adalah keberadaan depo penyimpanan bahan bakar gas (SPPBE) yang merupakan salah satu sumber tidak bergerak. Bahaya ledakan dari SPPBE berpotensi membahayakan tapak jika tapak RDE berada dalam SDV (Screening Distance Value) SPPBE tersebut (5 km), sehingga diperlukan analisis potensi bahaya ledakan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana potensi bahaya ledakan yang ditimbulkan SPPBE yang berada di sekitar area tapak RDE, jika terjadi kebocoran tangki SPPBE. Metode penelitian meliputi pengumpulan data primer dan konfirmasi di lapangan sekitar area tapak, pemetaan, serta melakukan analisis potensi bahaya ledakan menggunakan software ALOHA versi 5.4.5 dan MARPLOT. Hasil konfirmasi di lapangan menunjukkan bahwa tapak RDE berada dalam SDV dua buah SPPBE karena berjarak 2,995 dan 4,141 km dari area tapak. Hasil analisis menunjukkan bahwa lepasan gas elpiji dari kedua SPPBE tidak membahayakan tapak RDE karena ledakannya tidak mencapai area tapak dan tidak menimbulkan kerusakan bangunan, dengan asumsi kebocoran terjadi di bagian bawah tanki sebesar 2,5 inci.

Kata Kunci : ledakan, SPPBE, tapak RDE, SDV.

Abstract

Potential of external hazards cause of human induced event to RDE (Experimental Power Reactor) must be identified and analyzed to obtain suitable design basis with installation will be built. One source of external hazards is existing of a gaseous fuel storage depot (SPPBE), which is one of the stationary sources. Explosion hazards from SPPBE have potential harmful of RDE site if the site is within the SPPBE-SDV (Screening Distance Value) (5 km) so that the required analysis of the potential explosion hazards. The purpose of this research was to determine the extent of the potential hazard explosion of SPPBE around of RDE site area, if happen leakage of the SPPBE tank. The research method involves collecting data, a confirmation around the site area, mapping and analysis of the potential hazards of explosion using ALOHA software version 5.4.5 and MARPLOT. Confirmation results show that there are two SPPBE around the site are with distances 2.995 and 4.141 km. The analysis showed that the releases of LPG from both SPPBE not endanger tread RDE because the explosion did not reach the site area and does not cause damage to the building, assuming a leak occurs in the bottom of the tank by 2.5 inch.

Keywords : explosion, SPPBE, site RDE, SDV.

Diterima (received) : 28 Mei 2016, Direvisi (reviewed) : 10 Juni 2016, Disetujui (accepted) : 20 Juni 2016

PENDAHULUAN

BATAN sebagai lembaga litbang di bidang nuklir berencana membangun Reaktor Daya Eksperimental (RDE) di kawasan Puspipstek Serpong, untuk mendukung kebijakan pemerintah di bidang energi. RDE tersebut direncanakan untuk demonstrasi pembangkitan listrik dan aplikasi panas proses untuk industri. Terkait persiapan pembangunan RDE, dan sesuai peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 6 Tahun 2008 tentang evaluasi tapak reaktor daya, maka aspek kejadian eksternal akibat ulah manusia harus dikaji dan dievaluasi^[1].

Sumber kejadian eksternal akibat ulah manusia dapat diklasifikasikan sebagai sumber bergerak dan tidak bergerak. Sumber tidak bergerak meliputi kegiatan manusia terkait kilang minyak, industri kimia, depo penyimpanan BBM (SPBU), depo penyimpanan gas (SPPBE), jaringan transmisi penyiaran dan telekomunikasi, penambangan/penggalian, keberadaan hutan, fasilitas nuklir lain, peralatan berputar dengan energi tinggi, dan fasilitas militer. Sedangkan sumber bergerak meliputi kegiatan manusia terkait keberadaan jalur rel kereta api, lalu lintas jalan raya, kapal, jalur pipa (gas/minyak), bandar udara (pergerakan pesawat dan frekuensi penerbangan), koridor lalu lintas udara dan jalur penerbangan (militer/sipil)^[1,2,3].

Tujuan penelitian adalah melakukan analisis potensi bahaya ledakan depo penyimpanan bahan bakar gas (SPPBE) terhadap tapak RDE, jika terjadi kebocoran tangki di SPPBE.

BAHAN DAN METODE

Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah :

1. Pengumpulan data keberadaan SPPBE di sekitar area tapak (hingga radius 5 km) dan konfirmasi kapasitas SPPBE tersebut.
2. Pemetaan lokasi SPPBE dan SDV SPPBE.
3. Analisis potensi bahaya lepasan gas, kebakaran dan ledakan dengan menggunakan *software* ALOHA versi 5.4.5, Juli 2015 dan MARPLOT.

KARAKTERISTIKA LPG

Stasiun Pengisian dan Pengangkutan Bulk Elpiji (SPPBE) merupakan stasiun yang melayani pengangkutan dan pengisian gas LPG (Liquified Petroleum Gas) Pertamina dengan merek dagang ELPIJI. Salah satu potensi bahaya yang mungkin ditimbulkan oleh kegiatan SPPBE adalah bahaya ledakan. Hal ini karena gas tersebut termasuk kategori gas yang pada temperatur ambien sifat *volatile* (mudah menguap) dan *flammable* (mudah terbakar) yang tinggi (batas *flammable* terendah 1,8-1,9%) dan dapat meledak jika bercampur udara atau oksigen pada kandungan uap 2-10% volume, tidak berwarna, tidak korosif dan tidak berbau. Titik didih -40 sampai 80°C, titik nyala -104°C, autoignition 450°C. Sejumlah kecil pembau digunakan untuk deteksi kebocoran^[4,5]. Komersial LPG yang ada di pasaran, terdiri dari 30% propana (C₃H₈) dan 70% butana (C₄H₁₀), serta menggunakan tekanan uap sekitar tekanan uap sekitar 100 psig^[6]. Pada temperatur 25°C, tekanan uap adalah 3,6 barg^[6]. Kebakaran terjadi jika terdapat 3 unsur yaitu adanya bahan bakar, oksigen dan sumber panas seperti loncatan bunga api atau pemantik^[7]. LPG ditransportasi dan disimpan dalam fase cair pada tekanan cukup tinggi.

Gas campuran butana dan propana tersebut mempunyai densitas 1,859^[8], sehingga jika terjadi kebocoran gas akan sangat berbahaya, jika tidak ada angin yang menghembusnya ke udara terbuka. Oleh karena itu sangat penting mempertimbangkan persyaratan ventilasi. Ventilasi harus cukup ketika terdapat kejadian kebocoran. Gas LPG lebih berat dari udara, dan mengalir turun sampai level terendah dan dapat terakumulasi untuk jangka waktu yang lama, sehingga dapat menimbulkan bahaya ledakan^[9].

Pada pelepasan gas kondisi atmosfer, gas akan naik atau turun, tergantung kepadatan uap dan akan diarahkan sesuai jalur angin. Pada ketiadaan angin, gas yang lebih berat akan berkumpul dititik bawah medan. Pelepasan gas tersebut, jika terignisi akan terbakar. Pelepasan gas dalam jumlah besar dapat menimbulkan bahaya yang signifikan bagi lingkungan karena selain menghasilkan kebakaran juga ledakan.

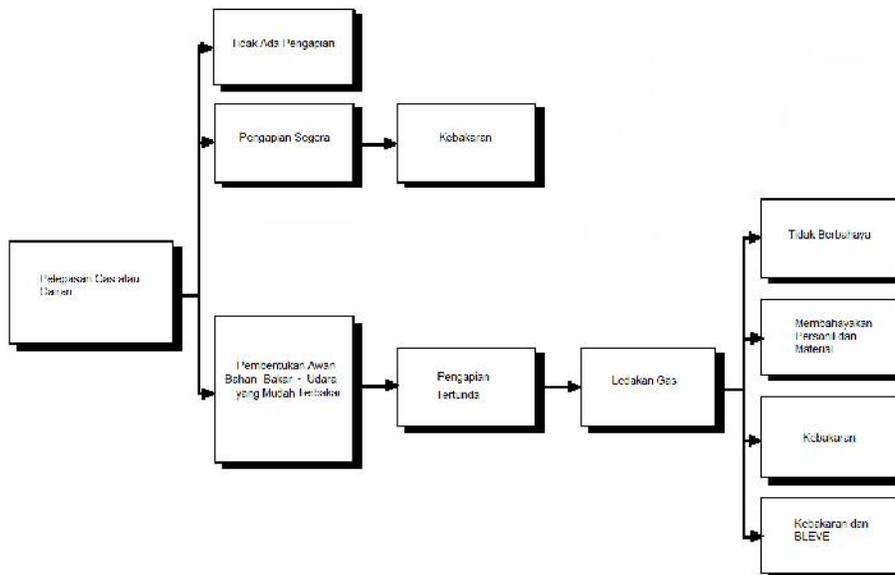
Ledakan campuran gas LPG-udara diruang yang terkungkung adalah berbahaya, karena tekanan tinggi dan laju peningkatan tekanan yang tinggi dicapai

lebih cepat setelah ignisi. Hal ini sama dengan proses yang membahayakan bejana tanpa peralatan penekan ledakan. Ledakan didefinisikan sebagai suatu kejadian yang mengarah pada kenaikan tekanan secara cepat^[10]. Ledakan dapat terjadi dibagian dalam proses atau perpipaan, dalam bangunan atau lepas pantai, dan juga dapat terjadi di area terbuka. Fenomena lepasan gas atau uap cairan mudah terbakar terlepas ke atmosfer diperlihatkan dalam Gambar 1. Jika awan uap yang dibentuk dari pelepasan tersebut tidak dalam batas *flammability* atau jika sumber ignisi lemah, awan gas akan diencerkan dan menghilang. Ignisi dapat terjadi segera atau tertunda sampai beberapa menit, yang semuanya tergantung *circumstances*. Dalam kasus ignisi segera (sebelum bercampur dengan udara atau adanya oksigen), kebakaran akan terjadi.

Situasi yang paling berbahaya akan terjadi jika sejumlah besar awan campuran bahan bakar-udara yang mudah terbakar terbentuk dan menyala^[5]. Waktu dari saat pelepasan sampai ignisi beberapa detik sampai beberapa menit. Tekanan yang dihasilkan gelombang kebakaran akan tergantung pada seberapa cepat api disebarkan dan bagaimana tekanan dapat terekspansi dari awan uap (diatur

pengungkung). Jadi faktor yang mempengaruhi secara substansial dari kejadian kecelakaan adalah waktu penyalan dalam menghasilkan awan dan tingkat pengungkungan yang diberikan lingkungan sekitarnya^[11]. Akibat dari ledakan gas dapat tidak membahayakan sampai pengrusakan total. Tekanan akibat ledakan gas dapat membahayakan personil dan material atau dapat menyebabkan kebakaran dan *bleve*. Kebakaran adalah kejadian sangat umum setelah ledakan gas. Ketika awan uap ternyalakan, api dapat menyebar dalam dua mode yang berbeda yaitu deflagrasi dan detonasi.

Mode deflagrasi adalah perambatan api yang paling umum. Perambatan deflagrasi pada kecepatan *subsonic* (1-1000m/det). Tekanan ledakan dapat mencapai beberapa barg, tergantung kecepatan kebakaran. Detonasi adalah reaksi kejutan dimana api bergerak dengan kecepatan *supersonic* (lebih cepat dari kecepatan suara), dengan kecepatan 1500-2000m/det dan tekanan puncak 15-20 bar. Detonasi menghasilkan tekanan jauh lebih tinggi dari yang dianggap ledakan biasa^[7,11]. Jika tekanan awal tinggi maka tekanan detonasi akan lebih parah dan merusak.



Gambar 1. Pohon Kejadian Konsekuensi Pelepasan Gas atau Uap cairan yang Mudah Terbakar terlepas ke Atmosfer^[5,12]

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan konfirmasi di lapangan diperoleh data adanya 2 buah SPPBE yang merupakan depo penyimpanan dan

penyaluran LPG, yaitu berada di Taman Tekno Ciater, Tangerang Selatan dengan kapasitas gas masing-masing 15000 kg (sebanyak 2 tanki) dan 30000 kg.

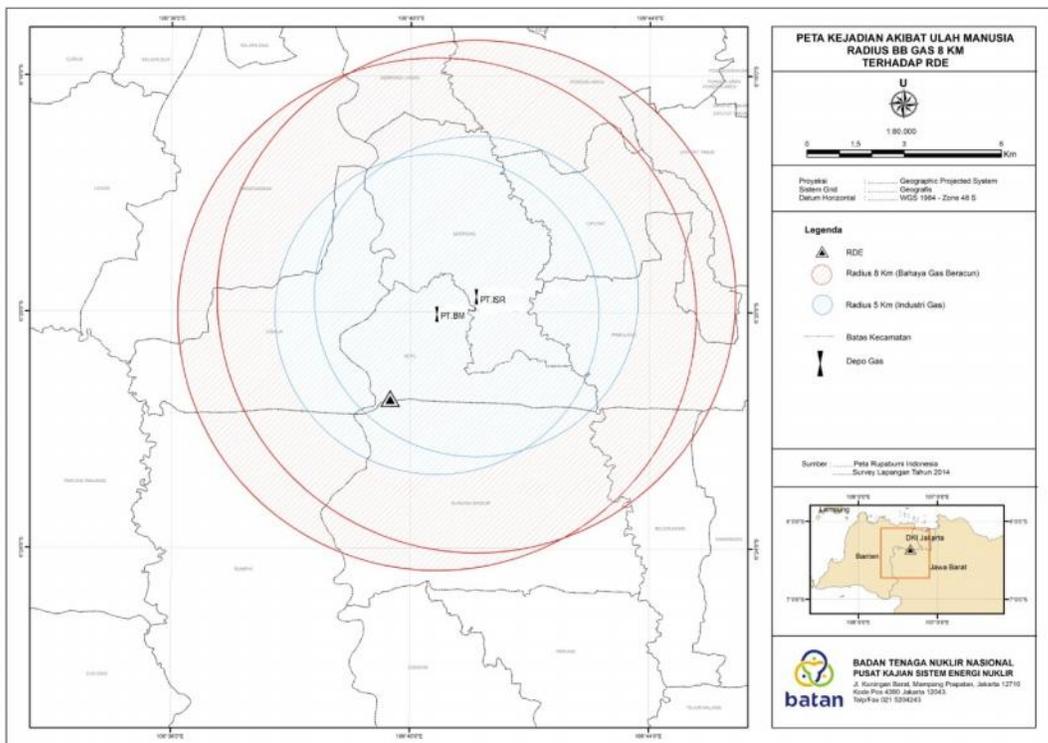
Screening Distance Value (SDV) yang merupakan penentuan nilai jarak penapisan, untuk SPPBE adalah 5 km^[1]. Hasil penapisan diketahui bahwa tapak berada di dalam SDV ke dua industri gas (SPPBE) yaitu PT. BM berjarak 2,995 km dan PT. ISR berjarak 4,141 km masing-masing dari tapak (di dalam SDV) dan ditunjukkan pada Gambar 1, sehingga dilakukan analisis.

Salah satu analisis potensi bahaya yang mungkin ditimbulkan oleh SPPBE adalah ledakan. Analisis dimaksudkan untuk mengetahui dampak dari suatu kejadian kecelakaan karena kegiatan manusia disekitar tapak berpotensi menimbulkan bahaya keamanan dan keselamatan tapak. Analisis

dilakukan dengan menggunakan *software ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres)* versi 5.4.5 dan MARPLOT (dari Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat/US EPA Amerika).

Langkah awal pada analisis adalah mengidentifikasi jenis dan jumlah inventori maksimum fluida dalam fasilitas, spesifikasi tempat penyimpanan dan data meteorologi disekitar lokasi. Data meteorologi stasiun terdekat dari tapak menunjukkan bahwa kecepatan angin 9,8 m/det, arah angin 150°, temperatur 34,1°C dan kelembaban 74,6%^[13].

Data masukan untuk analisis diperlihatkan dalam Tabel 1.



Gambar 2. SDV SPPBE terhadap Tapak RDE^[13]

Tabel 1. Data Masukan Untuk Analisis

Sumber	Jenis bahan	Komponen utama	Komponen	Dimensi Tanki		Kapasitas (Ton)
				Diameter dalam (mm)	Panjang (mm)	
PT. BM	LPG	Butana	Skid Tank	2100	8668	15
PT. ISR	LPG	Butana	Storage Tank	2890	11070	30

Lepasan gas pada tangki LPG milik PT. BM berasal dari *skid tank*, sedangkan PT. ISR berasal dari *storage tank*. Diasumsikan bahwa truk tanki mengalami kebocoran pada bagian katup transfer dibagian bawah

tanki sebesar 2,5 inci. Dengan data masukan analisis untuk ALOHA^[14] seperti terlihat dalam Tabel 1, diperoleh skenario terjadinya lepasan gas sebagai berikut:

- Akibat kebocoran, senyawa butana keluar

dari tanki PT. BM dengan laju alir rata-rata 231 kg/menit, dan lepasan gas sebanyak 12.554 kg selama 1 jam. Hal yang sama terjadi pada PT. ISR dan diperoleh laju alir rata-rata lepasan gas sebanyak 236 kg/menit, dan lepasannya sebanyak 13.811 kg selama 1 jam.

- Kejadian ledakan dapat diuraikan sebagai berikut :

) Mula-mula terjadi kebocoran gas butana pada *skid tank* PT. BM (kapasitas 15000 kg) dengan laju kebocoran rata-rata 231 kg/menit dan melepaskan gas sebanyak 12554 kg/jam sehingga membentuk “*awan uap*” (campuran 2 fasa : gas & aerosol butana).

) Demikian pula kebocoran gas butana pada *storage tank* PT. ISR (kapasitas 30000 kg) dengan laju kebocoran rata-rata 236 kg/menit dan melepaskan gas sebanyak 13811 kg/jam sehingga

membentuk “*awan uap*” (campuran 2 fasa: gas & aerosol butana).

) Selanjutnya awan uap terperangkap diantara perpipaan pada instalasi pengisian tabung LPG dan ternyalakan oleh percikan api sehingga terjadi nyala dan menyebabkan ledakan.

) Ledakan yang terjadi merupakan jenis *vapor cloud explosion* yang mempunyai daya rusak.

) Ledakan yang disebabkan oleh campuran gas dapat merusak bangunan, menyebabkan luka pada pekerja/pengunjung yang berada lokasi, dan dapat memecahkan kaca/gelas,

Dengan skenario seperti yang diuraikan terhadap kedua SPPBE tersebut, maka efek ledakan yang terjadi diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2.
Hasil Analisis ALOHA

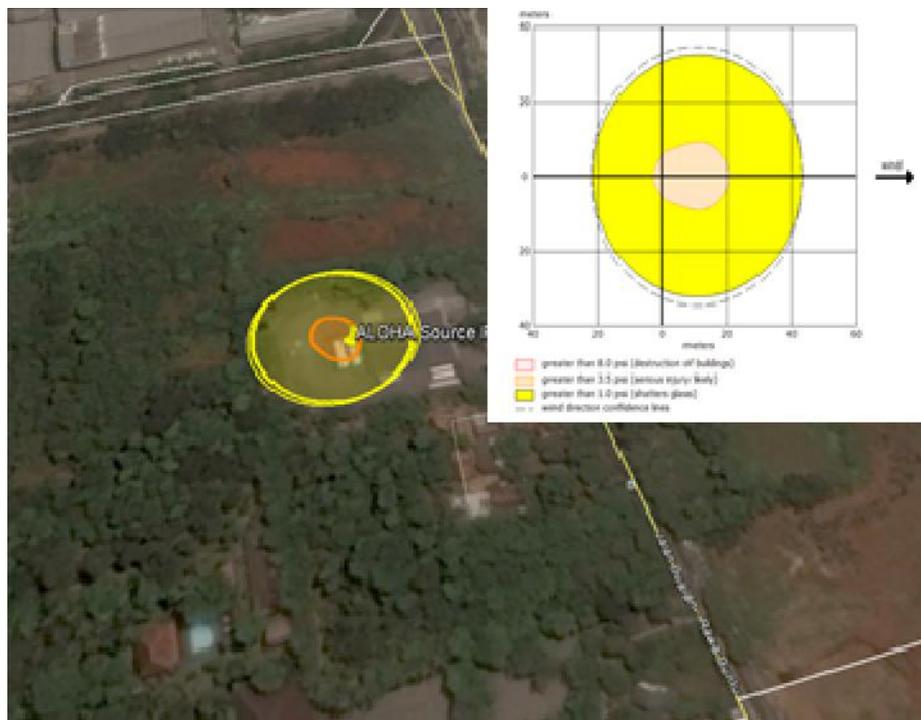
SPPBE PT. BM	SPPBE PT. ISR
) Tidak menyebabkan kerusakan bangunan) Tidak menyebabkan kerusakan bangunan
) Tidak menyebabkan luka serius pada pekerja/pengunjung yang berada > 19 m dari sumber kebocoran) Tidak menyebabkan luka serius pada pekerja/pengunjung yang berada > 21 m dari sumber kebocoran
) Tidak memecahkan kaca bangunan yang berada > 42 m dari sumber (tapak RDE berada pada jarak 2,995 km dari SPPBE PT. BM)) Tidak memecahkan kaca bangunan yang berada > 44 m dari sumber (tapak RDE berada pada jarak 4,141 km dari SPPBE PT. ISR)

Jadi dari analisis tersebut diketahui bahwa ledakan yang terjadi tidak menimbulkan zona bahaya yang mampu merusak bangunan, kekuatan gelombang kejut dari ledakan hanya mengakibatkan pekerja atau pengunjung yang berada di sekitar sumber ledakan terluka. Dan dengan menggunakan

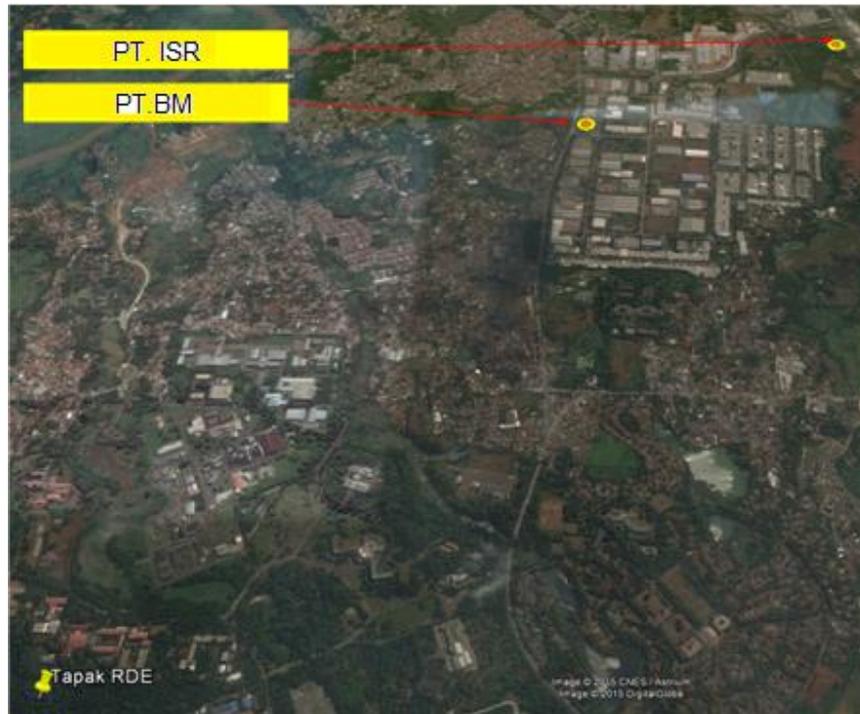
software MARPLOT efek ledakan dari ke dua SPPBE diperlihatkan dalam Gambar 3 dan Gambar 4. Dalam Gambar 5 terlihat ledakan yang terjadi tidak mencapai tapak sehingga tidak membahayakan tapak RDE.



Gambar 3.
Sebaran Ledakan dari SPPBE Pt Bhakti Mingasutama



Gambar 4.
Sebaran ledakan dari sppbe PT Indah Sri Rejeki Ciater



Gambar 5.
Jarak Efek Ledakan Terhadap Tapak RDE

SIMPULAN

Hasil konfirmasi di lapangan menunjukkan bahwa di sekitar area tapak hingga radius 5 km terdapat 2 SPPBE dengan jarak masing-masing 2,995 dan 4,141 km dari area tapak. Dengan asumsi jika terjadi kebocoran di bagian bawah tanki sebesar 2,5 inchi, menggunakan *software* ALOHA diketahui bahwa ledakan yang terjadi tidak menyebabkan kerusakan bangunan. Selain itu juga tidak menyebabkan luka serius pada pekerja/pengunjung yang berada > 19 m dari sumber kebocoran dan tidak memecahkan kaca bangunan yang berada > 42 m dari sumber, sehingga tidak ada potensi bahaya yang mungkin ditimbulkan oleh kegiatan SPPBE tersebut terhadap tapak RDE.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada Prof. Yulianto Sulistio Nugroho, M.Sc., Ph.D., yang telah memberikan masukan pemakaian modelling program *software* ALOHA untuk memperkirakan zona ancaman akibat ledakan. Juga pada Bapak Ir. Yarianto Sugeng Budi Susilo, M.Si., yang telah memberi kesempatan untuk melakukan kegiatan ini, serta pada Ir. Sriyana MT., yang

telah memberikan arahan dalam penulisan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. BAPETEN, "Evaluasi Tapak Reaktor Daya Untuk Aspek Kejadian Eksternal Akibat Ulah Manusia", Peraturan Kepala Bapeten No. 6 Tahun 2008, Jakarta 2008.
2. IAEA. NS-G-3.1 "External Human Induced Events In Site Evaluation For Nuclear Power Plants", 2002, IAEA, Vienna, 2002.
3. JUNE, MELLAWATI, YARIANTO. SBS., HADI SUNTOKO. "Sumber Potensial Bahaya Eksternal Akibat Manusia Pada Survei Tapak PLTN" Jurnal Pengembangan Energi Nuklir. Vol. 12. No.1, Juni 2010. Hal 28-37.
4. AFROX, "Material Safety Data Sheet (MSDS)", Ref. No. : MS111, Version 2, March, 2014.
5. ISHAK, MSB., "Determination of Explosion Parameter of LPG-Air Mixtures in The Closed Vessel", a Thesis Submitted In Fullfillment Of The Requirements for The Award of The Degree of Bachelor of Chemical Engineering, Nov., 2008.

6. THE ENGINEERING TOOLBOX, Propane Butane Mix- Evaporation Pressure, www.engineeringtoolbox.com/propane-butane-mix-d_1043.html, diakses Januari, 2016.
7. DIAN SARTIKA K., Analisis Konsekuensi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tabung LPG 12 Kg di Kelurahan Manggarai Selatan Tahun 2012 dengan Menggunakan Breeze Incident Analyst Software”, Skripsi Fakultas Kesehatan Masyarakat, UI, Jakarta, Juni, 2012.
8. A CORPORATION DEVOTED TO ENERGY-ORIENTED NEEDS, “Technical Data for Propane, Butane, and EPG Mixtures”, Alternate Energy Systems, Inc, USA, January, 2016.
9. AFROX, “Liquefied Petroleum Gas”, Product Reference Manual Section 5, January, 2016.
10. IKE PUJIRIANI, “Analisis Potensi Risiko Keselamatan Liquefied Petroleum Gas (LPG) Di Depok Tahun 2011”, Tesis Fakultas Kesehatan Masyarakat, Program Studi Magister Keselamatan dan Kesehatan Kerja, UI, Januari 2012.
11. SPYROS SKLAVOUNOS, *et. all.*, Estimation of Safety Distances in the Vicinity of Fuel Gas Pipelines”, *Journal of Loss Prevention In The Process Industries*, Vol. 19, Jan. 2006.
12. BJERKETVEDT, D., ET.ALL, “Gas Explosion Handbook”, *Journal of Hazardous Material* , 52, 1997.
13. BATAN, “Kejadian Eksternal Akibat Ulah Manusia”, Laporan Evaluasi Tapak rev. 0, 2015, PKSEN, BATAN, Jakarta
14. US.ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, “User’s Manual ALOHA”, The Cameo Software System, National Oceanic and Atmospheric Administration, February 2007.

OPTIMASI FORMULA *EDIBLE FILM* BERBASIS AMILOPEKTIN PATI SINGKONG DAN KARAGENAN

OPTIMIZATION OF FORMULA *EDIBLE FILM* BASED ON AMYLOPECTIN CASSAVA STARCH AND CARRAGEENAN

Heri Purwoto^a, G Jeni Christi A^b

^a Laboratorium Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan dan Peternakan, LAPTIAB, BPPT

^bDepartemen Biokimia, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16880.

e-mail : heri.purwoto@bppt.go.id, gjenichristia@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan formula optimum antara amilopektin pati singkong dan karagenan sebagai bahan baku *edible film*. Program *Design Expert 7.0.0 (trial version)* dengan *Response Surface Methodology (RSM) Central Composite Design (CCD)* digunakan untuk mengoptimasi formula *edible film*. Variabel bebas yang digunakan yaitu persentase amilopektin, karagenan dan gliserin. Variabel respon yang diukur dan dioptimasi yaitu laju transmisi uap air, kuat tarik dan modulus elastisitas. Hasil optimasi dari program *Design Expert 7.0.0* merekomendasikan 15 solusi optimasi dengan nilai *desirability* tertinggi sebesar 0.821. Formula satu dipilih untuk divalidasi dengan faktor-faktor yaitu amilopektin 3.00 %, karagenan 2.00 %, dan gliserin 2.00 %. Nilai respon prediksi untuk laju transmisi uap air sebesar 16.331 g/m²/24 jam, kuat tarik sebesar 180.657 kgf/cm² dan modulus elastisitas sebesar 139.262 kgf/cm². Nilai hasil validasi untuk laju transmisi uap air sebesar 16.1027 g/m²/24 jam, kuat tarik sebesar 208.42 kgf/cm² dan modulus elastisitas sebesar 183.05 kgf/cm², sehingga solusi yang direkomendasikan oleh program sudah cukup baik.

Kata kunci : Amilopektin pati singkong, Karagenan, *Edible film*, Optimasi formula

Abstract

The research was conducted to obtain optimum formula between amylopectin cassava starch and carrageenan as a raw materials of edible film. Design Expert 7.0.0 (trial version) with Response Surface Methodology (RSM) Central Composite Design (CCD) was used to optimize the edible film formula. Independent variabel was used is percentage of amylopectin, carrageenan and glycerin. Response variabels was measured and optimized are water vapor transmission rate, tensile strength and modulus of elasticity. Optimization result from Design Expert Software recommends 15 optimization solutions with the highest desirability score of 0.821. Formula one was selected for validation with factors 3.00 % of amylopectin, 2.00 % of carrageenan and 2.00 % of glycerin. Prediction response value was 16.331 g/m²/24 hours of water vapor transmission rate, 180.657 kgf/cm² of tensile strength and 139.262 kgf/cm² of modulus of elasticity. Validation result value was 16.1027 g/m²/24 hour of water vapor transmission rate, 208.42 kgf/cm² of tensile strength and 183.05 kgf/cm² of modulus of elasticity, so the solution was recommended by the program is good enough.

Key word : Amylopectin cassava starch, Carrageenan, Edible film, Formula optimization

Diterima (received) : 29 Maret 2016, Direvisi (reviewed) : 04 April 2016, Disetujui (accepted) : 20 April 2016

PENDAHULUAN

Bahan pangan mudah mengalami penurunan kualitas yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan, kimia, fisika, biokimia dan mikrobiologi. Salah satu cara untuk mempertahankan kualitas tersebut adalah dengan pengemasan bahan pangan secara tepat. Pengemasan merupakan proses pembungkusan bahan pangan dengan bahan pengemas yang sesuai untuk menjaga keawetan dan konsistensi mutu bahan pangan tersebut¹⁾. Kemasan yang sering digunakan untuk bahan pangan adalah plastik, akan tetapi karena sifat plastik yang *nonbiodegradable* sehingga menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan karena tidak mudah terurai oleh mikroorganisme maka dikembangkanlah sistem kemasan bahan pangan dari bahan organik yang berasal dari bahan-bahan terbarukan dan ekonomis yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme menjadi senyawa yang ramah lingkungan yaitu kemasan yang bersifat *biodegradable*²⁾.

Edible film merupakan kemasan yang bersifat *biodegradable*, berupa lapisan tipis dari bahan alami yang tidak beracun sehingga dapat dimakan dan diletakkan sebagai pelapis pada atau diantara komponen-komponen pangan yang berfungsi sebagai penghalang dalam mengendalikan transfer oksigen, uap air, lipid dan komponen volatil dalam bahan pangan²⁾. Komponen penyusun *edible film* dibagi menjadi tiga kelompok yaitu hidrokoloid, lemak dan komposit (kombinasi dari hidrokoloid dan lemak)³⁾.

Penelitian mengenai *edible film* berbahan dasar pati telah banyak dilakukan, diantaranya yaitu *edible film* berbahan dasar pati sukun-kitosan²⁾, *edible film* dari pati jagung⁴⁾, *edible film* berbahan dasar pati ganyong⁵⁾, *edible film* dari pati buah lindur⁶⁾, *edible film* berbahan dasar pati talas⁷⁾, dan *edible film* berbahan dasar pati sagu dengan penambahan gliserin dan karagenan⁸⁾, akan tetapi penelitian mengenai *edible film* berbahan dasar amilopektin pati singkong dan karagenan belum ada yang melakukannya.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menentukan formula optimum antara amilopektin dan karagenan sebagai bahan baku *edible film* untuk mendapatkan sifat mekanik yang baik dan ketahanan air yang tinggi. Optimasi formula *edible film* dilakukan menggunakan program *Design Expert 7.0.0 (trial version) Response Surface Methodology (RSM) Central Composite Design (CCD)*. Variabel bebas yang digunakan yaitu

persentase amilopektin, karagenan dan gliserin, sedangkan variabel respon yang akan diukur dan dioptimasi meliputi laju transmisi uap air, kuat tarik dan modulus elastisitas.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi amilopektin pati singkong, karagenan (Brataco), Gliserin (Brataco) dan air demineralisasi. Alat-alat yang digunakan yaitu neraca analitik (Kern ABS 220-4N), *hotplate* (Thermo Scientific Cimarec), *WVTR Tester, Universal Testing Machine*, cetakan film.

Rancangan Formulasi dan Respon

Pembuatan rancangan formulasi dan respon dilakukan dengan program *Design Expert 7.0.0*. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu persentase amilopektin, karagenan dan gliserin. Penentuan batas minimum dan maksimum persentase variabel bebas diperoleh dari kajian penelitian sebelumnya dan *trial error* (Tabel 1). Nilai batas minimum dan maksimum tersebut dimasukkan ke dalam program untuk dilakukan pengacakan kombinasi sehingga didapatkan rancangan formula yang akan dianalisis (Tabel 2). Respon yang akan diukur dan dioptimasi meliputi laju transmisi uap air, kuat tarik dan modulus elastisitas.

Tabel 1.
Kisaran Nilai Variabel Bebas

Komponen	Variabel faktor (%)	Nilai max	Nilai min
A	Amilopektin	3	1
B	Karagenan	2	1
C	Gliserin	3	2

Formulasi

Formulasi merupakan tahapan pembuatan film sesuai dengan formula yang diberikan oleh program (Tabel 2). Proses pembuatan film dimulai dari gelatinasi amilopektin (70 °C) dan karagenan (60 °C). Amilopektin tergelatinasi berturut-turut ditambahkan dengan gliserin dan karagenan tergelatinasi dan dipanaskan hingga suhu 90 °C ± 5 °C. Setelah suhu pencampuran tercapai kemudian dilakukan pencetakan film. Film dikeringkan pada suhu 20 °C – 25 °C dengan kelembapan 40 – 45 % selama 48 jam. Film kering disimpan dengan aluminium foil dalam wadah tertutup berisi *silica gel* sebelum dilakukan analisa. Analisa film meliputi pengukuran laju transmisi uap air, kuat tarik dan modulus elastisitas.

Pengukuran Respon Laju Transmisi Uap Air

Laju transmisi uap air diukur

Tabel 2.
Rancangan Formulasi Bahan Baku *Edible film* Menggunakan Program *Design Expert 7.0.0*

Formula	Faktor (%)		
	Amp ¹	Kar ²	Gly ³
1	3.00	1.00	2.00
2	3.00	2.00	2.00
3	1.00	2.00	2.00
4	2.00	1.50	3.34
5	2.00	1.50	2.50
6	2.00	1.50	2.50
7	2.00	1.50	1.66
8	3.00	1.00	3.00
9	1.00	1.00	3.00
10	2.00	2.34	2.50
11	3.68	1.50	2.50
12	3.00	2.00	3.00
13	0.32	1.50	2.50
14	2.00	1.50	2.50
15	2.00	0.66	2.50
16	2.00	1.50	2.50
17	1.00	1.00	2.00
18	2.00	1.50	2.50
19	2.00	1.50	2.50
20	1.00	2.00	3.00

Keterangan : ¹Amp: amilopektin, ²Kar: karagenan, ³Gly: gliserin

menggunakan *Water Vapor Transmission Rate Tester* dengan metode standar ASTM E-96.

Pengukuran Respon Kuat Tarik dan Modulus Elastisitas

Kuat Tarik dan modulus elastisitas diukur menggunakan *Universal Testing Machine* dengan metode standar ASTM D-882.

Analisis Respon

Setiap variabel respon dianalisis satu persatu menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Model yang digunakan untuk analisis variabel adalah model yang menghasilkan nilai signifikan pada ANOVA dan non signifikan pada *lack of fit*.

Optimasi dan Validasi

Pada tahap optimasi, masing-masing respon ditentukan tujuan optimasinya dalam program *Design Expert 7.0.0* (Tabel 3). Program kemudian melakukan optimasi sesuai dengan data variabel dan data hasil pengukuran respon yang dimasukkan (Tabel 4). Keluaran dari tahap optimasi berupa rekomendasi formula baru yang optimal menurut program (Tabel 6). Setelah

didapatkan hasil optimasi, kemudian dilakukan validasi hasil optimasi terpilih.

Tabel 3.
Komponen Respon yang Dioptimasi, Target dan Batasan pada Tahapan Optimasi Formula

Komponen Respon	Target	Batas bawah	Batas atas
Amilopektin (%)	Dalam batasan	1	3
Karagenan (%)	Dalam batasan	1	2
Gliserin (%)	Dalam batasan	1	3
Laju transmisi uap air (g/m ² /24 jam)	Minimal	-	-
Kuat tarik (kgf/cm ²)	Maksimal	-	-
Modulus elastisitas (kgf/cm ²)	Maksimal	-	-

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Optimasi Formula Edible Film

Hasil pengukuran respon laju transmisi uap air, kuat tarik dan modulus elastisitas dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4.
Hasil Pengukuran Respon

Formula	Respon		
	LTUA ³	KT ⁵	ME ⁶
1	18.1061	153.69	119.61
2	16.1027	208.42	183.05
3	23.2170	174.78	121.51
4	25.9803	99.37	68.66
5	26.1903	107.95	76.46
6	25.2045	114.02	82.81
7	19.5452	136.70	109.05
8	24.4989	72.23	52.03
9	29.8706	57.79	42.84
10	22.1656	145.10	97.90
11	17.1795	131.60	98.23
12	20.8967	133.89	87.58
13	29.6094	126.70	88.18
14	23.0269	113.47	76.09
15	29.5287	63.66	42.29
16	23.1304	113.10	74.51
17	29.6651	98.79	72.99
18	23.0357	123.94	82.02
19	25.8290	111.28	77.26
20	27.7189	142.89	93.24

Keterangan : ³LTUA: laju transmisi uap air, ⁴KT: kuat tarik, ⁵ME: modulus elastisitas

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa kisaran nilai respon laju transmisi uap air berkisar antara 16.1027 g/m²/24 jam-29.8706 g/m²/24 jam, dengan nilai respon kuat tarik antara 57.79 kgf/cm² – 208.42 kgf/cm² dan nilai respon modulus elastisitas berkisar antara 42.84 kgf/cm² – 183.05 kgf/cm². Hasil analisis ragam (ANOVA) (Tabel 5), menunjukkan bahwa model yang terpilih untuk respon laju transmisi uap air, kuat tarik an modulus elastisitas adalah linier, karena nilai R²-nya lebih besar dibandingkan model yang lain yaitu 0.8940 untuk laju transmisi uap air, 0.8060 untuk kuat tarik dan 0.7340 untuk modulus elastisitas. Selain itu, model ini signifikan dengan nilai p lebih kecil dari 0.05 (<0.0001) untuk laju transmisi uap air, lebih kecil dari 0.05 (<0.0001) untuk kuat tarik dan lebih kecil dari 0.05 (0.0001) untuk modulus elastisitas. Hasil ANOVA juga menunjukkan bahwa persentase amilopektin, karagenan dan gliserin berpengaruh nyata terhadap respon laju transmisi uap air dengan nilai *lack of fit* yang tidak signifikan yaitu lebih besar dari 0.05 (0.5472). Nilai *lack*

of fit yang tidak signifikan menunjukkan adanya kesuaian data respon laju transmisi uap air dengan model yang dihasilkan dan merupakan syarat suatu model dapat dikatakan baik. Sedangkan untuk respon kuat tarik dan modulus elastisitas, persentase amilopektin, karagenan dan gliserin tidak memberikan pengaruh nyata karena nilai *lack of fit* yang dihasilkan signifikan yaitu lebih kecil dari 0.05(0.0043) untuk kuat tarik dan lebih kecil dari 0.05 (0.0004) untuk modulus elastisitas yang berarti tidak adanya kesuaian data respon yang dihasilkan dengan model yang didapat.

Program merekomendasikan solusi optimasi sebanyak 15 formula optimasi (Tabel 6). Dari ke 15 solusi optimasi, diambil satu formula untuk divalidasi yaitu formula satu. Berdasarkan Tabel 7, nilai prediksi dari program pada formula satu untuk laju transmisi uap air sebesar 16.331 g/m²/24 jam, kuat tarik sebesar 180.657 kgf/cm² dan modulus elastisitas sebesar 139.262 kgf/cm². Hasil validasi pada formula satu untuk laju

Tabel 5.
Analisis Model Untuk Respon Laju Transmisi Uap Air, Kuat Tarik dan Modulus Elastisitas

Respon	Model	Matematika	Signifikan (p<0.05)	Lack of fit (p<0.05)	R ²
Laju transmisi uap air	Linier	Y=-3.79090A-3.89381B+3.91257C	<0.0001	0.5472	0.8940
Kuat tarik	Linier	Y=7.48494A+60.69410B-42.71281C	<0.0001	0.0043	0.8060
Modulus elastisitas	Linier	Y=9.41593A+42.67959B-42.38130C	0.0001	0.0004	0.7340

transmisi uap air sebesar 16.1027 g/m²/24 jam, kuat tarik sebesar 208.42 kgf/cm² dan modulus elastisitas sebesar 183.05 kgf/cm². Nilai interval prediksi (PI) untuk laju transmisi uap air terendah yaitu 12.77 g/m²/24 jam dan tertinggi sebesar 19.89 g/m²/24 jam, untuk kuat tarik terendah yaitu 139.68 kgf/cm² dan tertinggi sebesar 221.64 kgf/cm², sedangkan PI untuk modulus elastisitas terendah sebesar 97.39 kgf/cm² dan tertinggi sebesar 181.13 kgf/cm².

Pembahasan

Analisis Respon Laju Transmisi Uap Air

Laju transmisi uap air adalah jumlah uap air yang hilang persatuan waktu dibagi dengan luas area *edible film*. Tidak semua produk pangan tahan terhadap uap air, ada beberapa yang sensitif sehingga aplikasi

edible film diharapkan dapat mencegah migrasi uap air pada permukaan produk pangan. Untuk mencegah migrasi uap air maka laju transmisi uap air *edible film* haruslah serendah mungkin⁹⁾.

Persamaan RSM untuk optimasi bahan baku terhadap respon laju transmisi uap air adalah sebagai berikut:

$$Y = -3.79090A - 3.89381B + 3.91257C \quad (1)$$

Keterangan:
A: Amilopektin
B: Karagenan
C: Gliserin

Persamaan (1) menunjukkan bahwa respon laju transmisi uap air akan menurun dengan bertambahnya persentase amilopektin dan karagenan. Penurunan nilai

laju transmisi uap air ini diduga terjadi karena ikatan polimer yang semakin kuat dengan peningkatan persentase amilopektin dan karagenan. Meningkatnya gaya ikat antar

polimer dapat menyebabkan turunnya nilai laju transmisi uap air dimana pembentukan ikatan hidrogen dapat mengakibatkan

Tabel 6.
Formula yang Dihasilkan dalam Tahap Optimasi

No	¹ Amp (%)	² Kar (%)	³ Gly (%)	⁴ LTUA (g/m ² /24 jam)	⁵ KT (kgf/cm ²)	⁶ ME (kgf/cm ²)	<i>Desirability</i>
1	3.00	2.00	2.00	16.331	180.657	139.262	0.821
2	2.97	2.00	2.00	16.4282	180.465	139.02	0.818
3	2.97	2.00	2.00	16.4677	180.35	138.888	0.816
4	3.00	1.98	2.00	16.3896	179.744	138.62	0.816
5	2.94	2.00	2.00	16.558	180.208	138.698	0.813
6	3.00	2.00	2.03	16.4308	179.567	138.18	0.813
7	3.00	1.97	2.00	16.4453	178.876	138.009	0.811
8	3.00	2.00	2.04	16.4787	179.045	137.662	0.810
9	3.00	2.00	2.05	16.5405	178.372	136.994	0.805
10	3.00	2.00	2.10	16.7224	176.365	135.022	0.791
11	3.00	2.00	2.11	16.7609	175.965	134.606	0.788
12	3.00	2.00	2.13	16.8211	175.307	133.953	0.784
13	3.00	2.00	2.17	17.0052	173.297	131.959	0.770
14	3.00	2.00	2.34	17.6775	165.958	124.677	0.719
15	3.00	2.00	2.40	17.9118	163.399	122.138	0.702

Keterangan : ¹Amp: amilopektin (%), ²Kar: karagenan (%), ³Gly: gliserin (%), ⁴LTUA: laju transmisi uap air (g/m²/24 jam), ⁵KT: kuat tarik (kgf/cm²), ⁶ME: modulus elastisitas (kgf/cm²)

peningkatan jumlah matriks film yang terbentuk sehingga menurunkan nilai laju transmisi uap airnya. Peningkatan persentase gliserin dapat menaikkan nilai laju transmisi uap air karena gliserin yang bersifat hidrofilik dapat mengurangi kerapatan molekul dan menyebabkan pembentukan ruang bebas pada matriks film sehingga memudahkan difusi uap air⁹).

Grafik kontur permukaan pada Gambar 1, menunjukkan kombinasi antar komponen yang dapat saling memengaruhi nilai respon laju transmisi uap air. Warna-warna yang berbeda pada grafik kontur permukaan menunjukkan nilai laju transmisi uap air. Warna biru menunjukkan nilai respon laju transmisi uap air terendah, yaitu 16.1027 g/m²/24 jam. Warna merah menunjukkan respon laju transmisi uap air tertinggi, yaitu 29.8706 g/m²/24 jam.

Hasil validasi solusi optimasi didapatkan nilai laju transmisi uap air sebesar 16.1027 g/m²/24jam. Bila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Jacob et al. (2014) dimana laju transmisi uap air terendah yang didapatkan yaitu sebesar 231,23 g/m²/24 jam, maka nilai laju transmisi uap air yang dihasilkan pada penelitian ini lebih rendah.

Analisis Respon Kuat Tarik

Kuat tarik merupakan regangan maksimal yang dapat diterima oleh film sebelum film tersebut putus. Kuat tarik berhubungan dengan kekuatan film untuk menahan kerusakan fisik saat pengemasan. Semakin tinggi nilai kuat tarik diharapkan dapat menahan kerusakan fisik saat pengemasan sehingga dapat meminimalkan kerusakan dari produk⁹).

Persamaan RSM untuk optimasi bahan baku terhadap respon kuat tarik adalah sebagai berikut:

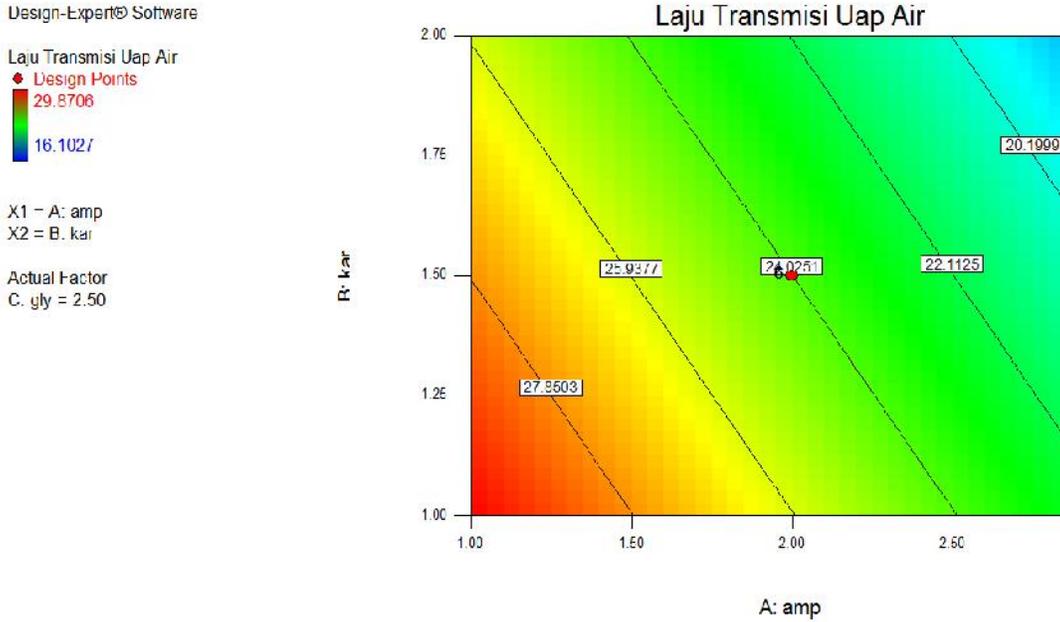
$$Y = 7.48494A + 60.69410B - 42.71281C \quad (2)$$

Keterangan:
A: Amilopektin
B: Karagenan
C: Gliserin

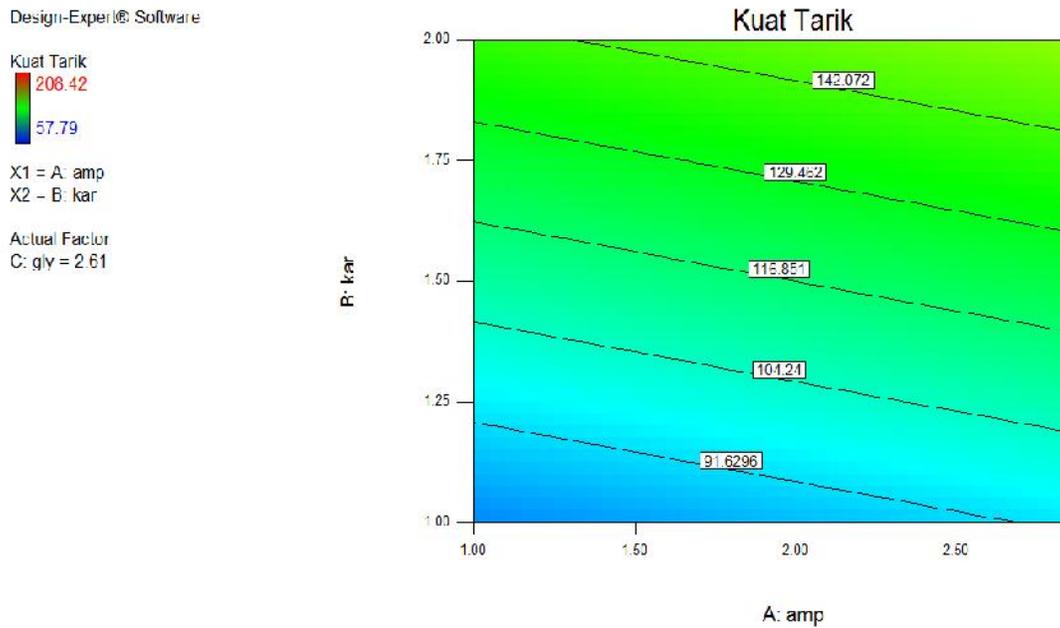
Persamaan (2) menunjukkan bahwa respon kuat tarik akan meningkat berbanding lurus dengan persentase amilopektin dan karagenan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang positif. Peningkatan nilai kuat tarik menunjukkan bahwa *edible film* yang dibuat bersifat tidak rapuh. Nilai kuat tarik berbanding lurus dengan jumlah karagenan yang ditambahkan, semakin banyak karagenan yang ditambahkan maka akan memberikan struktur yang kokoh pada matriks film dan menjadikan kekuatan tarik

intramolekul semakin kuat sehingga gaya yang dibutuhkan untuk memutuskan *edible film* semakin besar, hal inilah yang menyebabkan meningkatnya nilai kuat Tarik

^{10,11)}. Respon kuat tarik akan mengalami penurunan seiring dengan peningkatan persentase gliserin. Peningkatan persentase



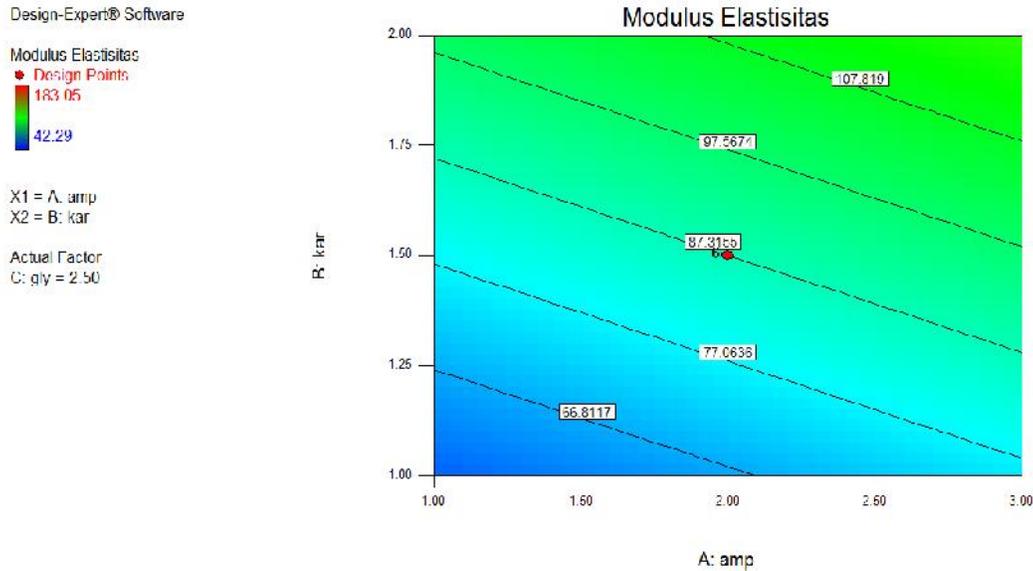
Gambar 1
 Kontur respon permukaan hasil uji respon laju transmisi uap air



Gambar 2
 Kontur respon permukaan hasil uji respon kuat tarik

gliserin dapat menyebabkan menurunnya gaya intramolekuler sehingga menurunkan nilai kuat tarik. Penambahan gliserin akan mempermudah pergerakan molekul polimer karena gliserin akan larut dalam tiap rantai polimer menyebabkan polimer yang terbentuk akan semakin lunak dan nilai kuat tariknya akan semakin rendah. Grafik kontur permukaan pada Gambar 2, menggambarkan hubungan antara variabel

persentase amilopektin, karagenan dan gliserin dalam bentuk dua dimensi. Perbedaan warna yang terdapat pada grafik, menunjukkan nilai respon kuat tarik. Warna biru menunjukkan nilai respon kuat tarik terendah yaitu 42.29 kgf/cm² sampai warna merah yang menunjukkan nilai respon kuat tarik tertinggi yaitu 183.05 kgf/cm².



Gambar 3
Kontur respon permukaan hasil uji respon modulus elastisitas

Hasil validasi solusi optimasi didapatkan nilai kuat tarik sebesar 208.42 kgf/cm². Bila dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Jacob *et al.* (2014) dimana nilai kuat tarik tertinggi yang didapatkan yaitu sebesar 168.33 kgf/cm², maka nilai kuat tarik yang dihasilkan pada penelitian ini lebih tinggi.

Analisis Respon Modulus Elastisitas

Pengukuran modulus elastisitas dilakukan untuk mengetahui kekakuan bahan yang dihasilkan¹²⁾. Modulus elastisitas menggambarkan kemampuan film dalam mempertahankan elastisitasnya. Nilai modulus elastisitas akan meningkat seiring dengan peningkatan persentase amilopektin dan karagenan serta penurunan persentase gliserin. Semakin banyak persentase karagenan yang ditambahkan maka nilai modulus elastisitasnya akan semakin besar.

Persamaan RSM untuk optimasi bahan baku terhadap respon modulus elastisitas adalah sebagai berikut:

$$Y = 9.41593A + 42.67959B - 42.38130C \quad (3)$$

Keterangan:
A: Amilopektin
B: Karagenan
C: Gliserin

Persamaan (3) menunjukkan bahwa respon modulus elastisitas akan meningkat berbanding lurus dengan persentase amilopektin dan karagenan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang positif. Semakin banyak persentase karagenan yang ditambahkan maka nilai modulus elastisitasnya akan semakin besar. Respon modulus elastisitas akan mengalami penurunan seiring dengan peningkatan persentase gliserin.

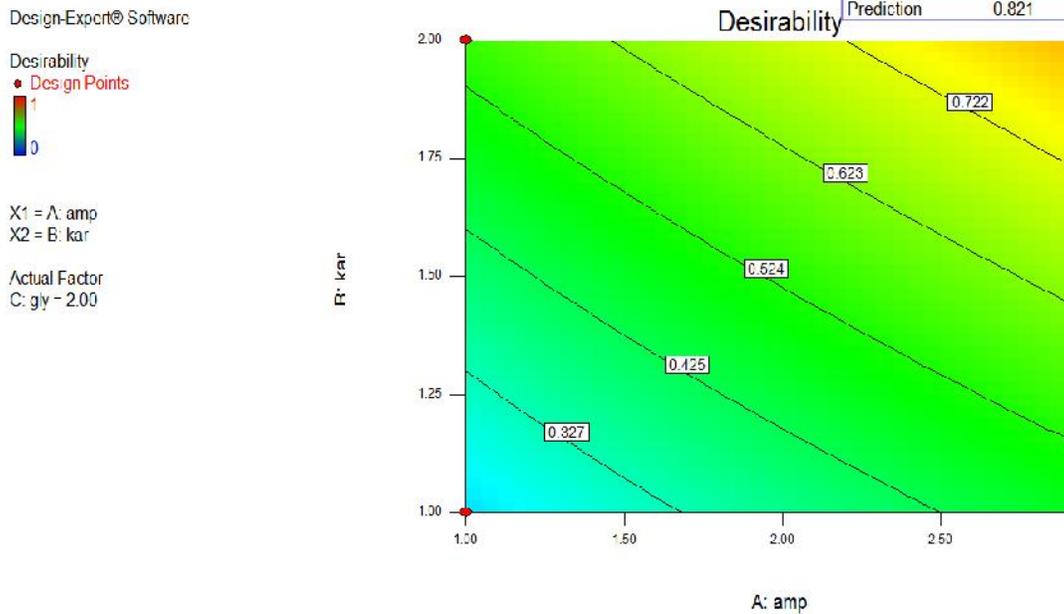
Grafik kontur permukaan pada Gambar 3, Perbedaan warna yang terdapat pada grafik, menunjukkan nilai respon modulus elastisitas. Warna biru menunjukkan nilai respon modulus elastisitas terendah yaitu 42.29 kgf/cm² sampai warna merah yang menunjukkan nilai respon modulus elastisitas tertinggi yaitu 183.05 kgf/cm².

Hasil validasi solusi optimasi didapatkan nilai kuat tarik sebesar 208.42 kgf/cm². Bila

dibandingkan dengan hasil penelitian Arika dan Suyatno (2015), dimana nilai modulus elastisitas (modulus young) tertinggi yang didapatkan yaitu sebesar 1,8705 Mpa atau setara dengan 3,569 kgf/cm², maka nilai modulus elastisitas yang dihasilkan pada penelitian ini jauh lebih besar.

Hasil Optimasi dan Validasi

Optimasi dilakukan setelah didapatkan model matematika dari masing-masing respon¹³⁾. Tujuan dilakukannya optimasi adalah untuk mendapatkan kombinasi model yang terbaik sehingga menghasilkan respon yang sesuai dengan yang diinginkan. Nilai



Gambar 4
Kontur nilai *desirability* formula optimum

Tabel 7.
Prediksi dan Hasil Verifikasi Nilai Respon Solusi Optimum Hasil Optimasi dengan Program *Design Expert 7.0.0*

Respon	Validasi	Prediksi	95 % Interval Prediksi	
			Rendah	Tinggi
Laju transmisi uap air (g/m ² /24 jam)	16.1027	16.331	12.77	19.89
Kuat tarik (kgf/cm ²)	208.42	180.657	139.68	221.64
Modulus elastisitas (kgf/cm ²)	183.05	139.262	97.39	181.13

optimasi terbaik ditunjukkan dengan nilai *desirability* yang mendekati satu sampai satu. Kisaran nilai *desirability* adalah 0 – 1. Tabel 3 menunjukkan komponen-komponen yang dioptimasi, target serta batasan minimum dan maksimumnya. Berdasarkan proses optimasi, program *Design Expert 7.0.0* memberikan 15 solusi optimasi yang dapat dilihat pada Tabel 6. Solusi optimasi dengan persentase amilopektin 3 %, karagenan 2 % dan gliserin 2 % direkomendasikan sebagai solusi formula yang optimal karena memiliki nilai *desirability* tertinggi yaitu 0.821. Nilai *desirability* yang mendekati satu dapat

disimpulkan bahwa formula dengan persentase amilopektin 3 %, karagenan 2 % dan gliserin 2 % akan menghasilkan *edible film* yang memiliki karakteristik yang sesuai dengan target optimasi sebesar 82.1 % dan diprediksi menghasilkan *edible film* dengan laju transmisi uap air sebesar 16.331 g/m²/24 jam, kuat tarik sebesar 180.657 kgf/cm² dan modulus elastisitas sebesar 139.262 kgf/cm².

Gambar 4, menjelaskan hasil optimasi dalam bentuk kontur (2D). Kontur merupakan bentuk gambaran dua dimensi dari respon yang disajikan dengan menggunakan model prediksi untuk nilai respon laju transmisi uap

air, kuat tarik dan modulus elastisitas. Titik-titik pada grafik kontur menunjukkan kombinasi dari persentase amilopektin, karagenan dan gliserin dalam jumlah yang berbeda yang menghasilkan nilai *desirability* tertentu yang sama¹³). Titik prediksi pada gambar tersebut menunjukkan kombinasi antara persentase amilopektin 3 %, karagenan 2 % dan gliserin 2 % yang menghasilkan nilai *desirability* sebesar 0.821.

Pada hasil verifikasi formula optimum yang direkomendasikan oleh program *Design Expert 7.0.0* dengan *RSM-Central Composite Design*, diperoleh *edible film* dengan laju transmisi uap air sebesar 16.331 g/m²/24 jam, kuat tarik sebesar 180.657 kgf/cm² dan modulus elastisitas sebesar 139.262 kgf/cm². Jika dibandingkan dengan nilai yang diprediksikan (Tabel 7), maka nilai hasil verifikasi berada pada kisaran 95 % interval prediksi rendah dan 95 % interval prediksi tinggi. Hal ini dapat diartikan bahwa formula terilih dari solusi optimasi yang direkomendasikan oleh program *Design Expert* sudah cukup baik.

SIMPULAN

Dari hasil optimasi didapatkan 15 solusi optimasi dengan satu formula yang divalidasi yaitu formula satu. Faktor-faktor pada solusi terpilih yaitu amilopektin 3.00 %, karagenan 2.00 % dan gliserin 2.00 %. Nilai validasi respon solusi terpilih yaitu laju transmisi uap air sebesar 16.1027 g/m²/24 jam, kuat tarik sebesar 208.42 kgf/cm² dan modulus elastisitas sebesar 183.05 kgf/cm², sehingga solusi yang direkomendasikan oleh program *Design Expert* sudah cukup baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Laboratoria Pengembangan Teknologi Industri Agro dan Biomedika (LAPTIAB), Badan Pengkaji dan Penerapan Teknologi (BPPT) yang telah membiayai dan memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Djarumbeasiswaplus.org, <http://www.djarumbeasiswaplus.org/artikel/content/22/Pemanfaatan-Pati-Singkong-sebagai-Bahan-Baku-Edible-Film/#>, diakses Desember 2015.
2. Setiani, W., Sudiarti, T., Rahmidar, L., *Preparasi dan Karakterisasi Edible Film dari Poliblend Pati Sukun-Kitosan*, Valensi, No. 2, 2013, p100.
3. Rodrigues M, J. Osés, K. Ziani, J.I. Mate, *Combined Effect of Plasticizer and Surfactants on The Physical Properties of Starch Based Edible Film*, Food Research International, vol. 39, Elsevier, 2006.
4. Kusmawati D.H., Putri W.D.R., *Karakteristik Fisik dan Kimia Edible Film Pati Jagung yang Diinkorporasi dengan Perasan Temu Hitam*, Jurnal Pangan dan Agroindustri, No. 1, 2013, p90.
5. Santoso B., Pratama F., Hamzah B., Pambayun R., *Pengembangan Edible Film dengan Menggunakan Pati Ganyong Termodifikasi Ikatan Silang*, Jurnal Teknologi dan Industri Pangan, No. 2, 2011, p105.
6. Jacob A.M., Nugraha R., Utari S.P.S.D., *Pembuatan Edible Film dari Pati Buah Lindur dengan Penambahan Gliserin dan Karagenan*, Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia, No. 1, 2014, p14.
7. Pangesti A.D., Rahim A., Hutomo G.S., *Karakteristik Fisik, Mekanik dan Sensoris Edible Film dari Pati Talas pada Berbagai Konsentrasi Asam Palmitat*, e-J Agrotekbis, No. 6, 2014, p604.
8. Anggraeni F.D., *Karakterisasi Edible Film Berbahan Dasar Pati Sagu Dengan Penambahan Gliserin dan Karagenan*, Universitas Gajah Mada [Tesis], 2011.
9. Murdinah, Darmawan M., Fransiska D., *Karakteristik Edible Film dari Komposit Alginat, Gluten dan Lilin Lebah (Beeswax)*, Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, No. 1, 2007, p19.
10. Ariska R.E., Suyatno, *Pengaruh Konsentrasi Karagenan Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik edible Film dari Pati Bonggol Pisang dan Karagenan dengan Plasticizer Gliserin*, Prosiding Seminar Nasional Kimia Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Surabaya, 2015, p34.
11. Amaliya R.R., Putri W.D.R., *Karakterisasi Edible Film dari Pati Jagung Dengan Penambahan Filtrat Kunyit Putih Sebagai Antibakteri*, Jurnal Pangan dan Agroindustri, No. 3, 2014, p43.
12. Febianti F., Agline H.T., Fadilah, *Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik Edible Film Berbahan Dasar Umbi Suweg (Amarphophalus campanulatus) dengan Pewarna dan Rasa Secang*, Prosiding SENATEK

- 2015 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Purwokerto, 2015, p87.
13. Nurmiah S., Syarief R., Sukarno, Peranginangin R., Nurtama B., *Aplikasi Response Surface Methodology pada*

Optimalisasi Kondisi Proses Pengolahan Alkali Treated Cottonii (ATC), Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, No. 1, 2013, p9.

KAJIAN PEMBUATAN PAKAN LOKAL DIBANDING PAKAN PABRIK TERHADAP PERFORMAN AYAM KAMPUNG DI GORONTALO

STUDY OF LOCAL FEED PRODUCTION FEED FACTORY COMPARED TO PERFORMANCE OF THE LOCAL CHICKEN IN GORONTALO

Sindu Akhadiarto

Pusat Teknopreneur dan Kluster Industri, BPPT
Jl. MH. Thamrin No. 8, Gedung II BPPT, Lt. 11 Jakarta Pusat 10340
Email : akhadiarto@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini dilaksanakan di Badan Ketahanan Pangan dan Pusat Informasi Jagung (BKPPIJ), Provinsi Gorontalo, selama 10 minggu. Tujuan penelitian adalah mengetahui performans (penampilan) ayam lokal yang diberi pakan dari bahan baku lokal (buatan sendiri) dibandingkan dengan pakan buatan pabrik. Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah ayam kampung (lokal), umur satu hari (DOC), sebanyak 200 ekor. Rancangan yang digunakan dalam Penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan lima ulangan. Perlakuan dalam penelitian ini adalah pakan lokal dengan protein 16,2% (A), 17,7 % (B), 21,5 % (C), dan sebagai pembanding pakan industry (pabrik) protein 20,2 % (D). Untuk mengetahui pengaruh perlakuan, dilakukan dengan Analisa Sidik Ragam. Pengujian selanjutnya dilakukan dengan Uji Jarak menurut prosedur Duncan. Berdasarkan analisis ekonomi menunjukkan bahwa pembuatan pakan dari bahan baku lokal dengan protein 17,7 % dan energi metabolisme 2.323 Kkal/kg (Perlakuan B), ternyata memberikan keuntungan paling baik (R/C = 1,49), dibandingkan dengan pakan industri (Perlakuan D) dengan R/C = 1,19. Oleh karena itu, pemberian pakan ayam yang dibuat dari bahan baku lokal cukup potensi dikembangkan di Gorontalo.

Kata kunci : Ayam Lokal, Performan, Pakan Lokal, Pakan Industri, Gorontalo.

Abstract

This study was conducted in Food Tenacity Board and Maize Information Centre (BKPPIJ), Gorontalo Province, for 10 weeks. The purpose of the study was to determine a performance (appearance) of local chickens fed from local raw materials (homemade) compared with mill feed. The design used in this study is Complete Random Design (CRD) with four treatments and five replications. The treatment consist of 16.2% protein (A), 17.7% protein (B), and 21.5% protein (C) of local raw material feed and 20.2% protein (D) of mill feed as comparison. Analysis of variance is used to determine the effect of the treatments. The test is then performed using Duncan's Range Test. The economic analysis indicates that the local raw material feed containing 17.7% protein and energy metabolism of 2,323 kcal / kg (Treatment B), has the best performance (R/C = 1.49), compared with the mill feed (Treatment D, R/C = 1.19). Therefore, feeding chickens using local raw material is potential to be developed in Gorontalo.

Keywords: Local Chicken, Performance, Raw Feed, Feed Mill, Gorontalo.

Diterima (received) : 28 Feb 2017, Direvisi (reviewed) : 10 Maret 2017, Disetujui (accepted) : 25 Maret 2017

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Peran ayam lokal (kampung) atau ayam buras (bukan ras) dalam kehidupan masyarakat pedesaan cukup erat dengan perkembangan budaya masyarakat, sekaligus dijadikan sumber konsumsi daging dan telur. Produk pangan yang berasal dari ayam lokal memiliki posisi yang baik, karena karakteristik yang khas yang terdapat di dalamnya yang secara umum disukai oleh "lidah" masyarakat.

Produksi daging Nasional pada tahun 2015 mencapai 3,056 juta ton, dengan kontributor daging utama adalah ayam ras pedaging (53,25%), diikuti oleh ternak sapi (17,15%), ayam lokal (10,28%) dan sisanya (19,32%) dari daging lainnya¹⁾.

Tingkat kontribusi daging ayam ras yang besar, disebabkan ketersediaan daging ayam ras yang jauh lebih besar dibandingkan unggas lokal. Namun apresiasi harga yang diberikan oleh konsumen pada daging ayam lokal jauh lebih tinggi dibanding ayam ras²⁾. Fakta ini menggambarkan kekurangan kemampuan para peternak ayam lokal dalam mensuplai daging kepada masyarakat. Oleh karena itu, upaya peningkatan populasi ayam lokal melalui berbagai program masyarakat yang didukung oleh pemerintah merupakan hal yang tepat.

Pangsa pasar ayam lokal berbeda dengan ayam ras. Kehadiran dan peningkatan populasi ayam lokal tidak akan merebut pangsa pasar ayam ras, karena ayam lokal memiliki preferensi dan konsumen sendiri. Program pemerintah untuk percepatan pengembangan ayam lokal melalui berbagai tahapan perlu disambut dengan baik. Dengan pengembangan ayam lokal yang terarah dari pemerintah bersama pemangku kepentingan, pamor ayam lokal di masa depan akan jauh lebih baik. Upaya ini akan mengurangi ketergantungan kepada pihak luar, memperluas lapangan kerja di pedesaan, menekan urbanisasi, dan semakin mendorong berkembangnya bisnis kuliner berbahan baku ayam lokal, karena adanya jaminan kontinuitas suplai dan kualitas bahan baku.

Indonesia dikenal sebagai salah satu pusat plasma nutfah ayam di dunia, selain daratan China dan India. Sejauh ini telah tercatat 31 rumpun ayam lokal di Indonesia, yang mempunyai ciri spesifik dan sebagian berpotensi untuk dijadikan ternak unggas komersial pedaging dan/atau petelur seperti ayam Sentul, ayam Kedu, ayam Pelung, ayam Bangkok, ayam Gaok, dan berbagai

ayam lainnya³⁾. Berdasarkan analisis ekonomi hasil persilangan ayam lokal (Gaok x KUB), ternyata memberikan keuntungan yang cukup baik untuk diusahakan secara komersial dengan R/C=1,474).

Sebagai sumber daya genetik asli Indonesia, ayam lokal dapat dikembangkan guna mendukung kemandirian penyediaan pangan sumber protein hewani nasional. Hal ini tertuang dalam Peraturan Pemerintah Nomor 68 Tahun 2002, tentang Ketahanan Pangan, yang menekankan pentingnya kemandirian penyediaan pangan berbasis sumber daya lokal.

Masalah utama di dalam pengembangan ayam lokal adalah masih rendahnya produktivitas. Salah satu faktor penyebabnya adalah sistem pemeliharaan yang masih bersifat tradisional, jumlah pakan yang diberikan belum mencukupi dan pemberian pakan belum mengacu pada kaidah ilmu nutrisi^{5),6)}, terutama kebutuhan makanan yang belum memperhatikan kebutuhan nutrisinya.

Secara umum kebutuhan gizi untuk ayam, paling tinggi selama minggu awal (0-8 minggu), oleh karena itu perlu diberikan pakan yang cukup mengandung energi, protein, mineral dan vitamin dalam jumlah yang seimbang. Faktor lainnya adalah perbaikan genetik dan peningkatan manajemen pemeliharaan ayam lokal harus didukung dengan perbaikan nutrisi pakan^{7) 8)}.

Sampai saat ini standar gizi pakan ayam lokal yang dipakai di Indonesia didasarkan rekomendasi Scott et al.⁹⁾ dan NRC¹⁰⁾. Kebutuhan energi termetabolis ayam tipe ringan umur 2-8 minggu antara 2.600-3.100 kkal/kg dan protein pakan antara 18,0 % - 21,4 %⁹⁾, sedangkan menurut NRC¹⁰⁾, kebutuhan energi termetabolis 2.900 kkal/kg dan protein 18,0 %. Standard tersebut dipakai untuk kebutuhan protein dan energi ayam ras. Sedangkan menurut penelitian¹¹⁾, kebutuhan protein dan energi untuk fase pertumbuhan ayam pocin 20 % dan 2.800 Kkal/kg menghasilkan bobot badan dan efisiensi ransum yang paling tinggi.

Gorontalo merupakan daerah dengan potensi tanaman jagung, padi dan hasil perikanan laut yang melimpah. Namun bidang peternakan, khususnya ayam ras dan ayam kampung kurang bisa berkembang, karena mahalnya harga pakan pabrik dan belum dikuasainya teknologi pembuatan pakan. Selama ini pakan pabrik masih mendatangkan dari luar daerah, khususnya Surabaya, sehingga harganya cukup mahal. Padahal biaya pakan ini bisa mencapai sekitar 70% dari seluruh biaya usaha budidaya ayam.

Dengan semakin meningkat dan luasnya hasil tanaman pangan di Gorontalo (jagung, padi, kedelai, singkong, dll.) dan melimpahnya hasil perikanan laut (tepung ikan), serta hasil perkebunan (kopra), maka pembuatan pakan ayam sangat potensi dikembangkan di Gorontalo. Oleh karena itu diperlukan suatu teknik "pembuatan pakan secara terintegrasi" dengan memanfaatkan bahan baku lokal.

Sesuai data Dinas Peternakan dan Perkebunan, Provinsi Gorontalo¹², bahwa kebutuhan ayam lokal di Gorontalo sebesar 1.416.594 ekor/tahun atau setara dengan 4.000 ekor/hari. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan tersebut dibutuhkan sekitar 300 Peternak skala 1.000 ekor/hari. Didukung harga jual per ekor yang cukup tinggi (Rp. 35.000,-/ekor, berat antara 0,8 - 1 kg/ekor), maka usaha beternak ayam potong lokal ini cukup prospektif untuk dikembangkan di Gorontalo.

Dari uraian diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan bagaimana penampilan (performan) ayam lokal yang diberikan pakan lokal (buatan sendiri) dengan kandungan protein berbeda dibanding pakan pabrik pada umur pemeliharaan 10 minggu. Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah pakan yang cukup mahal di Gorontalo, maka dilakukan penelitian terhadap pengaruh pemberian pakan dari bahan baku lokal, terhadap performans ayam lokal. Hasil Penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi peternak ayam lokal, termasuk petani penghasil bahan baku pakan, seperti : jagung, dedak, ikan, bungkil kelapa, dan sebagainya.

Tujuan

Mengetahui performan dan analisa keuntungan ayam kampung yang diberikan pakan berbahan baku lokal (buatan sendiri) dibandingkan dengan pakan industri (buatan pabrik).

BAHAN DAN METODE

Bahan

Penelitian ini dilaksanakan di Badan Ketahanan Pangan dan Pusat Informasi Jagung (BKPIJ), Provinsi Gorontalo, selama 10 Minggu. Ayam yang digunakan dalam penelitian ini adalah ayam AKI (Ayam Kampung Indonesia), umur satu hari (Day Old Chick = DOC), sebanyak 200 ekor yang dibeli di "Poultry Shop" kota Gorontalo dan berasal dari Bogor.

Kandang yang digunakan dalam penelitian ini adalah kandang system batteray terdiri dari 20 petak, yang dinding dan alasnya terbuat dari bambu. Tempat pakan dan minum diletakkan di dalam bilik kandang. Setiap petak berukuran panjang 120 cm, lebar 80 cm dan tinggi 40 cm. Dibagian bawah kandang diletakkan plastik untuk menampung pakan yang jatuh. Kandang dilengkapi dengan bola lampu untuk pemanas (induk buatan) ketika berumur tiga minggu. Selain itu juga ada lampu penerangan untuk malam hari.

Tabel 1.
Susunan Komposisi Bahan Baku Lokal dan Komposisi Zat-zat Makanan Hasil Analisa Laboratorium untuk Pakan Lokal dan Pakan Industri Pabrik

Komposisi Bahan (%)	Perlakuan			
	A	B	C	D
Jagung Kuning	40	39	36	-
Dedak Halus	30	26	24	-
Bungkil Kelapa	15	15	15	-
Tepung Ikan	13	18	23	-
Methionin	0,1	0,1	0,1	-
Lysin	0,2	0,2	0,2	-
Mineral	1,67	1,67	1,67	-
Sieramix-A	0,03	0,03	0,03	-
Pakan Pabrik Broiler - Starter.	-	-	-	100
Total	100	100	100	100

Komposisi Zat Zat Makanan				
Bahan Kering (%)	87,76	87,66	81,65	90,00
Protein Kasar/PK (%)	16,20	17,68	21,50	20,22
Serat Kasar (%)	7,64	7,76	7,62	3,70
Lemak (%)	5,15	3,83	2,95	4,34
Kalsium (%)	0,85	0,72	1,10	1,91
Pospor (%)	0,50	0,30	1,77	0,43
Energi Metabolis/EM (Kkal/Kg)	2.738	2.723	2.676	2.868

Keterangan : Hasil Analisa Lab. Ilmu dan Teknologi Pakan, Fapet, IPB.

Pakan lokal yang digunakan dibuat sendiri dengan bahan baku utama berasal dari Gorontalo, seperti jagung, dedak, tepung ikan dan bungkil kelapa. Adapun teknik penyusunan formulasi pakan menggunakan program pakan *FeedstaR*. Program pakan ini dibuat oleh Bidang Peternakan dan Perikanan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Jakarta dalam bahasa Indonesia dan disesuaikan dengan bahan baku lokal serta mudah dioperasikan. Sedangkan pakan pabrik didatangkan dari Surabaya yang dibeli di *Poultry Shop* di Gorontalo. Adapun susunan pakan penelitian dan pakan pabrik, serta hasil analisa laboratorium nutrisi pakan oleh Fapet, IPB dapat dilihat pada Tabel 1.

Air minum dan pakan diberikan secara *ad-libitum*. Untuk menghindari tercecernya pakan, pada tempat pakan diisi setengahnya dari kapasitas tampung. Penambahan pakan dilakukan dua kali, yaitu pagi dan sore hari.

Paralatan yang digunakan dalam Penelitian ini antara lain : timbangan, ember, nampan plastik, tempat pakan, tempat minum, alat tulis dan alat kebersihan.

Metode Penelitian

Rancangan yang digunakan dalam Penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat Perlakuan dan lima Ulangan, masing masing petak berisi 10 ekor ayam AKI, sehingga jumlah ayam yang dipergunakan sebanyak 200 ekor (unsex). Adapun Perlakuan yang diberikan, terdiri dari :

- A : PK 16,2 %, dengan EM 2.738 Kkal/Kg, yaitu : Pakan lokal (buatan sendiri).
- B : PK 17,7 %, dengan EM 2.723 Kkal/Kg, yaitu : Pakan lokal.
- C : PK 21,5 %, dengan EM 2.676 Kkal/Kg, yaitu : Pakan lokal.
- D : PK 20,2 %, dengan EM 2.868 Kkal/Kg, yaitu Pakan Industri/Pabrik (dari

Surabaya)

Variabel yang diamati dalam Penelitian ini adalah performans (Penampilan), yang meliputi : berat badan awal, berat badan akhir, konsumsi pakan, konversi pakan (FCR) dan analisis ekonominya.

- a) Konsumsi Pakan : diukur setiap hari (pagi), yaitu selisih antara pakan yang diberikan (sehari sebelumnya) dengan sisa pakan.
- b) Berat Badan Akhir : diperoleh dari penimbangan berat badan pada akhir penelitian (umur 10 minggu).
- c) Pertambahan Berat Badan : mengurangi berat badan akhir dengan berat badan awal penelitian.
- d) Konversi Pakan : merupakan perbandingan antara jumlah pakan yang dikonsumsi dengan pertambahan berat badan.
- e) Mortalitas : yaitu kematian selama penelitian berlangsung.
- f) Analisis Ekonomi, yaitu pendapatan (harga jual ayam/kg hidup) dikurangi biaya pakan, DOC, obat, vitamin, vaksin, sekam, kapur.

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan, dilakukan dengan Analisa Sidik Ragam. Pengujian selanjutnya dilakukan dengan Uji Jarak menurut prosedur Duncan¹³).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh perubahan formulasi pakan terhadap produktivitas ayam lokal dapat dilihat dengan standard produksi yang ada pada budidaya ayam, yaitu : berat badan, konsumsi pakan, pertambahan berat badan, dan konversi pakan. Sedangkan Analisis Ekonomi dilakukan terhadap analisis finansial terkait pengeluaran dan penerimaan selama 10 minggu.

Kandungan nutrisi (protein kasar) pakan untuk setiap perlakuan adalah berbeda. Perlakuan A, B, dan C adalah pakan yang

dibuat dari bahan baku lokal (membuat sendiri). Pakan D adalah sebagai pembanding, yaitu pakan industri pabrik.

Tabel 2.
Berat Badan, Konsumsi Pakan dan Konversi Pakan pada Ayam Penelitian, Umur 10 Minggu

Peubah	Perlakuan			
	A	B	C	D
Berat Badan Awal (gr)	35,00a	37,50a	37,50a	35,00a
Berat Badan Akhir (gr/ek)	802,83a	913,75b	863,75b	981,47c
Konsumsi Pakan (gr/ek)	2.129a	2.462a	2.388a	2.376a
Konversi Pakan (FCR)	2,77a	2,81a	2,89a	2,51b

Keterangan :

A : PK 16,2 %, dengan EM 2.738 kkal/Kg. : Pakan lokal (buatan sendiri).

B : PK 17,7 %, dengan EM 2.723 Kkal/Kg. : Pakan lokal.

C : PK 21,5 %, dengan EM 2.676 Kkal/Kg. : Pakan lokal.

D : PK 20,2 %, dengan EM 2.868 Kkal/Kg. : Pakan Industri.

Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$)

Berat Badan

Berat badan anak ayam umur satu hari (*Day Old Chick* = DOC) untuk semua perlakuan adalah antara 35,0 – 37,5 gr/ekor (Tabel 2). Penelitian ini tidak membedakan berat badan antara ayam jantan dan ayam betina. Rataan berat badan meningkat sejalan dengan bertambahnya umur, dimana berat badan ayam pada umur 10 Minggu menunjukkan perbedaan yang nyata pada setiap perlakuan. Berdasarkan data penelitian diperoleh berat badan akhir rata-rata adalah sebagai berikut : 802,83 gram/ekor (A), 913,75 gram/ekor (B), 863,75 gram/ekor (C), dan 981,47 gram/ekor (D).

Dari keempat perlakuan tersebut, berat badan yang dihasilkan pada perlakuan D, yaitu pakan buatan pabrik ternyata paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Hal ini disebabkan besarnya jumlah konsumsi dan efisiensi pakan buatan pabrik (D) lebih baik dibanding pakan buatan sendiri (A, B dan C). Disamping itu kemungkinan adanya zat lain yang dipakai dalam formulasi pakan D, yaitu penambahan *feed supplement*, sehingga protein tercerna lebih efisien. Sedangkan pada pakan lokal (A, B dan C) hanya ditambahkan asam amino (lysin dan methionin), tanpa memakai hormon pertumbuhan, zat pewarna, pemakaian aroma dan sebagainya.

Dari ketiga pakan buatan sendiri (perlakuan A, B dan C), maka perlakuan B memiliki berat badan sedikit lebih baik (913,75 gram/ekor), daripada perlakuan C, namun berbeda nyata ($P < 0,05$) jika dibanding dengan

perlakuan A. Hal ini sesuai dengan penelitian¹⁴⁾, yang menyatakan bahwa penggunaan protein-energi sedang (protein 18% dan EM 2.690 kkal/kg) untuk ayam lokal (ayam Merawang), adalah yang terbaik dibanding protein 15% (EM 2.270 kkal/kg) maupun protein yang lebih tinggi, yaitu 21% (EM 3.140 kkal/kg). Penggunaan protein-energi sedang tersebut mempunyai tingkat efisiensi energi dan protein yang terbaik. Sedangkan berdasarkan hasil penelitian Zainal dkk. 2012, yang menyilangkan ayam Kampung Unggulan Balitnak (KUB) dengan ayam Sentul diperoleh berat badan 629,87 gram/ekor. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rata-rata berat badan ayam lokal pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian Zainal⁴⁾.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa berat badan dari keempat perlakuan tersebut menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$), yaitu untuk perlakuan A, B/C dan D, pada umur pemeliharaan 10 minggu. Sedangkan berat badan hasil perlakuan pakan lokal yang paling baik adalah perlakuan B, jika dibanding dengan pakan pabrik (Perlakuan D), lebih tinggi pakan pabrik dengan selisih 117,72 gram/ekor dan berbeda nyata ($P < 0,05$).

Terjadinya perbedaan pada berat badan ini menunjukkan setiap keturunan mempunyai kemampuan yang berbeda dalam pertumbuhan. Faktor lainnya adalah perbaikan genetik dan peningkatan manajemen pemeliharaan ayam lokal yang didukung dengan perbaikan nutrisi pakan⁷⁾

dan 8). Konsumsi pakan merupakan aspek terpenting dalam pembentukan jaringan tubuh sehingga meningkatkan pertambahan bobot badan¹⁵⁾. Ditambahkan¹⁶⁾ bahwa kecepatan pertumbuhan dipengaruhi oleh genetik (strain), jenis kelamin, lingkungan, manajemen pemeliharaan, kualitas dan kuantitas pakan yang dikonsumsi.

Perbedaan pada berat badan ini menunjukkan setiap keturunan mempunyai kemampuan yang berbeda dalam pertumbuhan. Hal ini terjadi karena perbedaan kemampuan beradaptasi dengan lingkungan yang merupakan indikasi besarnya pengaruh lingkungan terhadap kemampuan tumbuh. Seperti dikemukakan¹⁷⁾ bahwa Pertumbuhan merupakan interaksi antara faktor genetik dan faktor lingkungan. Selain itu dinyatakan¹⁸⁾ bahwa panas yang ekstrim atau dingin akan mempengaruhi penampilan unggas dengan mengurangi pertambahan bobot badan dan menurunkan produksi telur, juga meningkatkan kematian dan peka terhadap penyakit. Perubahan yang terjadi secara fisiologis sebagai akibat dari suhu lingkungan yang tinggi adalah fungsi hormon tinggi yang pada akhirnya akan mempengaruhi metabolisme.

Konsumsi Pakan

Selama 10 minggu pemeliharaan didapatkan data ayam penelitian empat perlakuan dengan protein kasar (PK) berbeda sedangkan energi metabolismenya (EM) hampir sama (Tabel 1). Konsumsi ayam yang mendapat pakan mengandung PK 16,2% dan EM 2.738 kkal/kg (Perlakuan A) adalah 2.129 gram/ekor. Sedangkan yang mendapat pakan mengandung PK 17,7% dan EM 2.723 kkal/kg (Perlakuan B) adalah 2.462 gram/ekor, yang mendapat pakan mengandung PK 21,5% dan EM 2.676 kkal/kg (Perlakuan C) adalah 2.388 gram/ekor dan yang mendapat pakan mengandung PK 20,2% dan EM 2.868 kkal/kg (Perlakuan D) adalah 2.376 gram/ekor (Tabel 2).

Konsumsi pakan ayam selama penelitian yang mendapat pakan pabrik atau Perlakuan D (2.376 gr/ekor) ternyata konsumsinya hampir sama dengan pakan buatan sendiri, yaitu Perlakuan A, B, dan C berturut turut : 2.129 gram/ekor, 2.462 gram/ekor, dan 2.388 gram/ekor. Pertambahan berat badan tersebut diatas sangat erat kaitannya dengan pola tingkah laku ayam terhadap pakan perlakuan yang berbeda tingkat proteinnya. Dinyatakan¹⁴⁾ bahwa semakin rendah kandungan protein energi pakan, maka konsumsi pakan akan lebih tinggi, agar

kebutuhan protein energi untuk pertumbuhan dapat tercapai.

Data yang diperoleh terlihat bahwa konsumsi pakan paling banyak pada perlakuan D, yaitu pakan buatan pabrik (rata-rata 2.376 gram/ekor), dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Pada perlakuan A ternyata mengkonsumsi paling sedikit (2.129 gram/ekor). Namun secara statistik keempat perlakuan untuk konsumsi pakan tersebut tidak berbeda nyata ($P>0,05$). Besarnya konsumsi pakan dipengaruhi oleh palatabilitas pakan (rasa, bau, dan bentuk), cara pemberian pakan dan kondisi ayam¹⁵⁾. Menurut penelitian¹⁹⁾ untuk mendapatkan produksi yang baik perlu diadakan kontrol dengan penimbangan yang teratur setiap minggunya. Apabila berat ayam belum memenuhi standar, maka jumlah pakan dapat ditambah dengan prosentase kekurangan berat badan dari standar.

Dalam penelitian ini, pemberian pakan dan kondisi ayam dianggap sama dengan perlakuan yang sama. Pemberian pakan dilakukan secara tidak terbatas sesuai dengan standar kebutuhan efisiensi pakan. Bentuk fisik pakan dalam penelitian ini adalah crumble, baik untuk A, B, dan C maupun pakan buatan pabrik D. Dari hasil penelitian terlihat bahwa formulasi pakan buatan pabrik (D) ternyata lebih palatable dibandingkan dengan pakan buatan sendiri (Perlakuan A, B, dan C).

Rasio Konversi Pakan (FCR)

Rasio konversi pakan (Feed Conversion Ratio = FCR) adalah perbandingan jumlah pakan yang dikonsumsi dengan kenaikan berat badan pada waktu tertentu²⁰⁾. Sehingga Rasio Konversi Pakan menunjukkan efisiensi penggunaan pakan pada pemeliharaan ayam. Pakan yang diberikan memberikan output sebagai pertambahan berat badan yang sesuai dengan standar produksi bibit ayam yang digunakan. Nilai konversi pakan akan semakin baik jika memiliki nilai yang lebih kecil.

Rata-rata Rasio Konversi Pakan ayam selama pemeliharaan (10 Minggu), untuk A, B, C, dan D adalah 2,77; 2,81; 2,89; dan 2,51 (lihat Tabel 2). Dari data hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi perubahan konversi pakan pada perlakuan pakan lokal (A, B dan C) dibandingkan pakan pabrik (D). Dengan nilai seperti itu maka pakan yang digunakan tidak efisien karena banyak terbuang, sehingga dapat mengakibatkan penurunan berat badannya.

Sebaliknya pada penggunaan pakan pabrik (D), nilai konversi pakannya relatif semakin baik dari awal pemeliharaan sampai dengan akhir pemeliharaan dibanding dengan perlakuan lainnya (pakan lokal). Secara statistik pakan pabrik (Perlakuan D) dibanding pakan lokal (Perlakuan A, B dan C), berbeda nyata ($P < 0,05$). Hal ini akan mempengaruhi nilai biaya penggunaan pakan dan perbandingannya terhadap pendapatan yang dihasilkan (analisis ekonomi). Menurut peneliti¹⁶), bahwa tinggi rendahnya angka konversi pakan disebabkan oleh adanya selisih yang semakin besar atau kecil pada perbandingan antara pakan yang dikonsumsi dengan penambahan bobot badan yang dicapai. Ditambahkan²¹) bahwa konversi pakan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu genetik, bentuk pakan, temperatur, lingkungan, konsumsi pakan, berat badan, dan jenis kelamin.

Perubahan konversi pakan pada setiap minggu pemeliharaan menunjukkan pula bahwa pemberian pakan yang dilakukan sudah baik dan efisien menghasilkan berat badan, disamping itu faktor kesehatan ayam, sanitasi lingkungan, bentuk kandang dan penggunaan peralatan juga mempengaruhi peningkatan produktivitas ayam²²).

Nilai konversi pakan yang tinggi menunjukkan bahwa efisiensi pemanfaatan pakan kurang baik, sebaliknya nilai konversi pakan yang rendah menunjukkan bahwa makin banyak pakan yang dimanfaatkan oleh ternak²³). Ditambahkan²⁴) bahwa nilai FCR pada pemeliharaan ayam pedaging sangat berkaitan dengan nilai ekonomi dan jumlah pakan yang lebih banyak tentunya akan mengurangi keuntungan yang didapatkan. Dinyatakan pula²⁵), bahwa konsumsi pakan yang tinggi dan produksi yang rendah penyebab utama dari tingginya nilai FCR ayam pedaging.

Mortalitas Ayam

Mortalitas (kematian) merupakan faktor penting di dalam usaha peternakan ayam broiler karena berkaitan erat dengan keuntungan bila ditinjau dari segi ekonomi. Pada usaha pemeliharaan ayam broiler memperlihatkan bahwa tingkat kematian pada periode starter hingga pemeliharaan sampai umur 6 minggu dengan total kematian sebesar 3,14% masih menguntungkan dengan nilai konversi ransum sebesar 1,70²⁶).

Hasil penelitian menunjukkan tingkat mortalitas yang relatif rendah karena manajemen penanganan sudah berjalan

dengan baik. Mortalitas pada Perlakuan A adalah sebesar 3,29%, Perlakuan B sebesar 2,69%, Perlakuan C sebesar 2,02% dan Perlakuan D sebesar 2,34%. Perbaikan manajemen (sistem pemeliharaan, pakan, menjaga kesehatan/sanitasi dan lingkungan yang bersih) dapat mengurangi tingkat mortalitas.

Dikemukakan²⁷), bahwa angka kematian merupakan faktor penting dalam mengukur keberhasilan manajemen pemeliharaan. Ditambahkan¹⁷) bahwa standar kematian ayam selama periode pertumbuhan adalah 5%. Deplesi merupakan tingkat angka kematian dan culling dalam satu periode pemeliharaan adapun faktor yang menyebabkan angka kematian yaitu lingkungan, genetik dan penyakit. Tingkat kematian dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya kebersihan lingkungan, sanitasi peralatan kandang, serta suhu udara lingkungan²⁰). Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi angka kematian diantaranya adalah sanitasi kandang dan peralatan, kebersihan lingkungan serta penyakit²⁸). Standar manajemen pemeliharaan dari perusahaan juga harus diperhatikan peternak.

Dinyatakan juga²⁴) bahwa menjalankan manajemen yang baik akan menekan angka kematian, selain itu pemberian vaksin maupun obat-obatan harus sesuai dosis yang dibutuhkan. Selain itu yang perlu diperhatikan dalam menekan angka kematian adalah mengontrol kesehatan ayam, mengontrol kebersihan tempat pakan dan minum, melakukan vaksinasi teratur, memisahkan ayam yang terkena penyakit dengan ayam sehat²⁹).

Analisis Ekonomi

Analisis ekonomi dilakukan terhadap analisis finansial terkait pengeluaran dan penerimaan selama 10 minggu. Biaya pengeluaran meliputi pembelian pakan, DOC, vaksin, obat-obatan, sekam. Komponen penerimaan adalah harga rata-rata berat badan akhir (kg) dikalikan dengan harga ayam saat penjualan (Rp. 35.000,-/kg). Pemberian pakan pada fase starter dan grower adalah sama (tidak ada pergantian pakan). Sedangkan harga pakan buatan sendiri (lokal) untuk setiap kg Perlakuan adalah sebagai berikut : Perlakuan A =Rp. 4.000,-; Perlakuan B =Rp. 4.250,- dan Perlakuan C =Rp. 4.500,-. Sedangkan Perlakuan D adalah pakan buatan pabrik =Rp. 7.500,- (harga di Poultry Shop, Gorontalo).

Hasil analisis ekonomi menunjukkan bahwa nisbah R/C tertinggi diperoleh pada

perlakuan B dengan nilai sebesar 1,49. Artinya adalah setiap penambahan biaya pengeluaran sebesar Rp. 1,- akan memberikan penerimaan sebesar Rp. 1,49,-. Nisbah R/C sangat dipengaruhi oleh besarnya biaya pengeluaran dan penerimaan yang diperoleh. Dapat dinyatakan bahwa hasil Perlakuan B (pakan lokal dengan protein 17,7% dan Energi Metabolis 2.723 kkal/kg),

ini memberikan keuntungan yang cukup baik untuk diusahakan secara komersial. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian⁴⁾, bahwa analisis ekonomi hasil persilangan ayam lokal (GaokxKUB), ternyata memberikan keuntungan yang cukup baik untuk diusahakan secara komersial dengan R/C = 1,47.

Tabel 3.
Analisis Ekonomi dari empat Perlakuan, Pakan Lokal (Perlakuan A, B, C) dan Pakan Pabrik (Perlakuan D), Ayam Umur 10 Minggu

Peubah	Analisis Ekonomi			
	Penerimaan (Rp.)	Pengeluaran Rp.)	Keuntungan (Rp.)	R/C
Perlakuan A	28.105	19.516	8.589	1,44
Perlakuan B	31.990	21.464	10.526	1,49
Perlakuan C	30.240	21.746	8.494	1,39
Perlakuan D	34.370	28.820	5.550	1,19

Keterangan :

- A : Protein Kasar (PK) 16,2%, Energi Metabolis (EM) 2.738 kkal/Kg : Pakan lokal.
 B : PK 17,7 %, dengan EM 2.723 Kkal/Kg, : Pakan lokal.
 C : PK 21,5 %, dengan EM 2.676 Kkal/Kg, : Pakan lokal.
 D : PK 20,2 %, dengan EM 2.868 Kkal/Kg, : Pakan Industri/pabrik.

SIMPULAN

Berdasarkan analisa diatas, maka rata-rata berat badan akhir antara industri pakan pabrik (Perlakuan D) dengan pakan lokal/buatan sendiri (Perlakuan A, B dan C) menunjukkan perbedaan nyata dengan berat badan akhir lebih tinggi pada pakan buatan pabrik.

Sedangkan berdasarkan analisis ekonomi, maka pembuatan pakan dari bahan baku lokal dengan protein 17,7 % dan EM 2.723 Kkal/kg (Perlakuan B), ternyata paling efisien dan memberikan keuntungan paling banyak (R/C = 1,49), dibandingkan dengan perlakuan A yaitu protein 16,2% (R/C=1,44) dan perlakuan C, protein 21,5% (R/C=1,39). Sedangkan untuk perlakuan D (pakan buatan pabrik) memberikan keuntungan paling sedikit, yaitu dengan R/C= 1,19.

Dalam rangka memanfaatkan hasil-hasil pertanian masyarakat yang melimpah di Indonesia Timur, khususnya Gorontalo seperti jagung, dedak, ikan, bungkil kelapa, dan sebagainya, maka pembuatan industri mini pakan ternak terintegrasi, sangat potensi untuk dikembangkan di daerah daerah..

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bpk. Rusli Habibie, selaku Gubernur Gorontalo dan Badan Ketahanan Pangan dan Pusat Informasi Jagung (BKPIJ), Provinsi Gorontalo, yang telah memberikan dukungan dan pendanaannya, sehingga penelitian ini dapat terlaksana. Kajian ini merupakan hasil kerjasama antara BPPT dengan Provinsi Gorontalo untuk memproduksi pakan dengan bahan baku lokal, karena mahalnya pakan buatan pabrik (mendatangkan dari Surabaya). Hasil kajian ini telah diterapkan/diproduksi secara masal guna membantu masyarakat Gorontalo didalam bisnis ayam kampung unggul.

DAFTAR PUSTAKA

1. Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan. Buku Statistik Peternakan, Kementerian Pertanian, Jakarta, 2016.

2. Iskandar, S., T. Sartika, C. Hidayat dan Kadiran. Penentuan Kebutuhan Protein Kasar Pakan Ayam Kampung Unggul Balitnak (KUB) masa Pertumbuhan (0-22 minggu). Laporan Penelitian. Balai Penelitian Ternak, Ciawi, Bogor. Hlm. 28, 2010.
3. Sartika, T. dan S. Iskandar. Mengenal Plasma Nutfah Ayam Indonesia. Balai Penelitian Ternak, Bogor. 140 hlm., 2007.
4. Zainal H., T. Sartika, D. Zainuddin dan Komarudin. Persilangan pada Ayam Lokal (KUB, Sentul, Gaok) untuk Meningkatkan Produksi Daging Unggas Nasional, 2012.
5. Gunawan. Evaluasi Model Pengembangan Usaha Ternak Ayam Buras dan Upaya Perbaikannya (disertasi), Bogor. IPB, 2002.
6. Zakaria, S. Pengaruh Luas Kandang terhadap Produksi dan Kualitas Telur Ayam Buras yang Dipelihara dengan Sistem Litter. Bulletin Nutrisi dan Makanan Ternak 5(1) : 1-11, 2004.
7. Setioko, A.R. dan S. Iskandar. Review Hasil Hasil Penelitian dan Dukungan Teknologi dalam Pengembangan Ayam Lokal. Prosiding Lokakarya Nasional Inovasi teknologi Pengembangan Ayam Lokal. Semarang, 25 September 2005. Pusat penelitian dan Pengembangan Peternakan, Bogor, Hl. 10-19, 2005.
8. Sapuri, A. Ivaluasi Program Intensifikasi Penangkaran Bibit Ternak Ayam Buras di Kabupaten Pandeglang (skripsi), Institut Pertanian Bogor, 2006.
9. Scott, M.L., M.C, Nesheim and R.J. Young. Nutritions of the Chickens. Second Ed. M.L. Scott and Associates Ithaca, New York, 1982.
10. National Research Council (NRC). Nutrients Requirement for Poultry. Washington, DC. USA, 1994.
11. Suci, D.M., Mursyida E., Setianah, T., dan Muti. Program Pemberian Makanan Berdasarkan Kebutuhan Protein dan Energi pada Setiap Fase Pertumbuhan Ayam Poncin. Media Peternakan, Vol 28. No. 2, hlm. 70-76, 2005.
12. Dinas Peternakan dan Perkebunan Gorontalo. Buku Statistik Peternakan, Dinas Peternakan dan Perkebunan, Provinsi Gorontalo, 2014.
13. Steel, R.G.D. dan J.H. Torrie. Prinsip dan Prosedur Statistika. Terjemahan Edisi Kedua, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1991.
14. Sidadolog JHP dan T. Yuwanta. Pengaruh Konsentrasi Protein-Energi Pakan terhadap Pertambahan Berat Badan, Efisiensi Energi dan Efisiensi Protein pada Masa Pertumbuhan Ayam Merawang. Animal Production 11 (1) : 15-22, 2009.
15. Wahyu, J. Ilmu Nutrien Unggas. Cetakan ke 3. Gajah Mada University Press, Yogyakarta, 2004.
16. Wijayanti, R.P. Pengaruh Suhu Kandang yang Berbeda terhadap Performans Ayam Pedaging Periode Starter. Fakultas Peternakan. Universitas Brawijaya. Malang, 2011.
17. Petrawati. Pengaruh Unsur Mikro Kandang terhadap Jumlah Konsumsi Pakan dan Bobot Badan Ayam Broiler di dua Ketinggian Tempat Berbeda. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian..Bogor, 2003.
18. Tabara, J. H. Respon Ayam Ras Pedaging pada Lokasi Pemeliharaan Daerah Pantai dan Pegunungan.Fakultas Peternakan. Universitas Hasanuddin. Makasar, 2012.
19. Suarjaya dan M. Nuriyasa. Pengaruh Ketinggian Tempat (Altitude) dan Tingkat Energi Ransum Terhadap Penampilan Ayam Buras Super Umur 2 – 7minggu. Fakultas Peternakan, Universitas Udayana. Denpasar, 2010.
20. North, M.O., and D.D. Bell. Commercial Chicken Production Manual. 4th Ed.An Avi Book Publish. by Van Nostrand Reinhold, New York, 2004.
21. Siregar, A.P., dan Sabrani. Teknik Beternak Ayam Pedaging di Indonesia. Magie Group. Jakarta, 2005.
22. Sarwono, B. Beternak Ayam Buras Pedaging dan Petelur. Edisi Revisi. Penebar Swadaya, Jakarta, 2005.
23. Bently, J. Feeding Breeder Hens, 2003. <http://www. Butinfo.com>. Diakses Tanggal 3 Maret 2015.
24. Risnajati, D. Perbandingan Boot Akhir, Bobot Karkas dan Persentase Karkas Berbagai Strain Broiler. Sains Peternakan vol. 10 (1), maret 2012: 11-14 ISSN 1693-8828, 2012.
25. Rao, Q. S. V., D. Nagalashmi, and V. R. Redy. Feeding to Minimize Heat Stress. Poultry Internasional 41 : 7, 2002.
26. Donald, D., J.R.Weaver and W. Daniel. Commercial Chicken Meat and Egg Production. 5th Edition. Kluwer Academic Publisher. California, 2002.
27. Hardini, S.Y. Peningkatan Bobot Badan Ayam Merawang yang Dipelihara Bersama Ayam Broiler dengan Memperhatikan Perilaku Makannya. Fmipa Universitas Terbuka, 2003.

28. Kusnadi, E., Widjajakusuma, R., T. Sutardi, Hardjosworo, P.S., dan A. Habibie. Pemberian Antanan (*Centella Asiatica*) Dan Vitamin C Sebagai Upaya Mengatasi Efek Cekaman Panas Pada Broiler. *JITAA.33* [3]. Fakultas Peternakan Universitas Andalas. Padang, 2006.
29. Fatafta, A.A., dan Z.H.M. Abu-Dieyeh. Effect Of Chronic Heat Stress In Broiler Performance In Jordan. *Intern. J. Poult. Sci.* 6(1) : 64-70, 2007.

PROSES PINTAS PENGOLAHAN KAKAO SKALA UKM STUDI KASUS DI LUWU SUL-SEL

A CASE STUDY OF SME COCOA BY-PASS PROCESSING IN LUWU SUL-SEL

Lamhot P. Manalu, M. Yusuf Djafar, Tri Yoga Wibawa, Himawan Adinegoro

Pusat Teknologi Agroindustri - BPPT Gd.2 Lt. 10 Jl. MH. Thamrin 8 Jakarta 10340
e-mail : lamhot.parulian@bppt.go.id, tri.yogo@bppt.go.id,
mjusufdjafar@gmail.com, himawan.adinegoro@bppt.go.id

Abstrak

UKM pengolahan kakao yang ada di Indonesia umumnya mempunyai permasalahan yang sama antara lain peralatan yang kapasitasnya rendah, permodalan, bahan baku (biji kakao) yang sedikit serta akses informasi dan inovasi. Kapasitas peralatan pengolahan produk antara kakao yang menghasilkan lemak dan bubuk kakao sangat kecil sehingga tidak efisien dan sulit untuk mendapatkan keuntungan. Oleh karena itu kajian ini dilakukan untuk mempelajari kinerja peralatan pengolahan kakao agar proses pengolahan dapat dioptimalkan dan lebih efisien. Kajian ini dilakukan di sebuah UKM di Kabupaten Luwu Sulawesi Selatan dengan pertimbangan bahwa daerah ini merupakan sentra kakao dan peralatan pengolahan yang digunakan sama atau sejenis dengan lokasi lain di Indonesia. Hasil studi ini menyimpulkan antara lain bahwa dengan kapasitas pengolahan saat ini produk maksimal yang dapat dicapai adalah sekitar 5 kg bubuk dan 3 kg lemak kakao per hari atau sekitar 100 kg bubuk dan 60 kg lemak dalam satu bulan, dimana 95% dari tenaga yang dibutuhkan dihabiskan untuk alat koncing atau proses pembubukan. Untuk mengoptimalkan kapasitas produksi dan meminimalkan penggunaan energi maka disarankan bahwa pengolahan kakao dibatasi hanya sampai pada produk pasta dimana dapat dihasilkan 200 kg pasta per hari atau 4 ton per bulan.

Kata kunci : Kakao, Pasta, Lemak, Bubuk, Proses, Pengolahan, Audit, UKM

Abstract

Cocoa processing SMEs in Indonesia generally have the same problems include low capacity equipment, low capital, lack of raw materials (cocoa beans) were little and access to information and innovation. The capacity of processing equipment that produce products between cocoa fat and cocoa powder are very small so inefficient and difficult to make a profit. Therefore, this study was conducted to study the performance of cocoa processing equipment so that processing can be optimized and more efficient. The study was conducted in an SME in Luwu in South Sulawesi with the consideration that this area is the center of cocoa and processing equipment used by the same or similar to other locations in Indonesia. The results of this study concluded, among others, that the current processing capacity of maximum product that can be achieved is approximately 5 kg and 3 kg of powdered cocoa fat per day, or about 100 kg of powder and 60 pounds of fat in one month, where 95% of the energy needed is spent for tool koncing or pulverization process. To optimize production capacity and minimize energy usage it is recommended that treatment be limited to the cocoa paste products which can be produced 200 kg per day or 4 tons per month.

Keywords : Cocoa, Processing, Liquor, Butter, Powder, Audit, SME

Diterima (received) : 29 Januari 2017, Direvisi (reviewed) : 04 Maret 2017,
Disetujui (accepted) : 20 Maret 2016

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan produsen kakao nomor 3 terbesar di dunia. Dari total produksi nasional sebesar 450.000 ton per tahun, hanya kurang dari 20% yang diolah dan dipasarkan dalam bentuk produk antara dan produk hilirnya. Padahal bentuk produk yang demikianlah yang memberikan nilai tambah lebih besar, pasar yang lebih terbuka, serta membuka peluang lapangan kerja^{1,2)}

Kakao merupakan komoditi perkebunan andalan di Sulawesi khususnya Sulawesi

Selatan. Potensinya mencapai 838.037 ha atau 58 persen dari total luas lahan di Indonesia dimana sebagian besar (96%) lahan tersebut dimiliki oleh perkebunan rakyat yang mencakup 1,5 juta KK. Namun usaha pengembangan kakao di Sulawesi menghadapi tantangan berupa kendala produksi, teknologi, kebijakan, dan infrastruktur. Sementara itu produktivitas kakao nasional cenderung menurun walaupun luas areal tanam meningkat (Tabel 1).

Tabel 1.
Luas Areal dan Produksi Kakao di Indonesia

Tahun	Luas areal (ha)	Produksi (ton)	Produktivitas (ton/ha)
2008	1,425,216	803,593	0.564
2009	1,587,136	809,583	0.510
2010	1,650,621	837,918	0.508
2011	1,732,641	712,231	0.411
2012	1,782,954	833,310	0.467
Pertumbuhan rata-rata	5.81%	1.56%	-0.36%

Sumber : Statistik Perkebunan Indonesia, Ditjen Perkebunan (2013)

Produk kakao Indonesia juga masih menghadapi kendala rendahnya mutu biji kakao. Biji kakao yang dihasilkan oleh perkebunan rakyat, sebagian besar dijual masih dalam bentuk biji tanpa fermentasi. Rendahnya kualitas tersebut menyebabkan produk Indonesia kurang bisa bersaing di pasar global dan harus mengimpor kakao berkualitas dari negara lain³⁾

Permasalahan yang dihadapi oleh UKM pengolahan kakao antara lain adalah: optimasi pengolahan, penyediaan mesin yang berkinerja baik dan handal, skala usaha serta permodalan. Studi pendahuluan menunjukkan UKM pengolahan kakao yang ada di Indonesia tersebar dari Aceh hingga Papua. Jenis dan kapasitas peralatan umumnya hampir sama dan merupakan bantuan dari pemerintah baik pusat maupun daerah.

Kajian ini dilakukan dalam rangka pengembangan kakao di Sulawesi Selatan bekerjasama dengan Pemerintah Provinsi. Lokasi kajian ini bertempat di Kabupaten Luwu yaitu Koperasi Bina Harapan Desa Pattedong Selatan Kecamatan Ponrang Selatan. Pemilihan lokasi ini didasarkan pertimbangan bahwa peralatan pengolahan kakao yang ada di koperasi ini banyak ditemui

di lokasi lain. Kajian ini bertujuan untuk mempelajari dan optimalisasi kinerja peralatan pengolahan kakao di koperasi Bina Harapan Luwu agar efisien dan efektif sehingga usaha tersebut dapat berjalan secara menguntungkan.

Pengolahan kakao menjadi aneka produk coklat dapat dibagi atas tiga tahap. Tahap pertama adalah pascapanen yang menghasilkan biji kakao kering terfermentasi. Tahap kedua yang disebut pengolahan antara atau intermediate yang menghasilkan pasta (liquor), lemak (butter) dan bubuk (powder). Tahap ketiga adalah pengolahan produk hilir coklat berupa aneka produk makanan, minuman, kosmetika dan sebagainya.^{4,5)}

METODE

Metodologi yang digunakan dalam studi ini adalah kajian dan audit teknologi yang mencakup pengumpulan data dengan wawancara, diskusi interaktif dan survey lapangan dalam rangka inventarisasi jenis peralatan, pengamatan, pengukuran dan uji teknis. Analisis data dan evaluasi menggunakan analisis kuantitatif dan kualitatif.

Pelaksanaan audit teknologi dibagi dalam tiga tahapan, yaitu : tahap pre-audit, tahap on-site audit dan tahap post-audit. Tahap pre-audit merumuskan secara spesifik tujuan kajian dan audit ini serta untuk memotret performance, current positioning, compliance, prevention atau planning.

Tahap on-site audit antara lain melaksanakan observasi dengan teknik pengamatan pengukuran dan pengujian untuk mendapatkan hasil akurat. obyek pengamatan meliputi kinerja teknis/personil lapangan, kondisi dan kinerja mesin/peralatan, kinerja proses mulai dari pengadaan bahan baku hingga penyimpanan produk akhir. Temuan audit berupa hasil penilaian yang mengacu kepada kriteria audit harus jelas dan obyektif, ada kesesuaian (no finding) atau ketidakesuaian (minor, major, critical finding).

Tahap pelaporan (post audit) menggunakan lebih dari satu sumber bukti (dokumen, wawancara, kuesioner, observasi dan pengujian). Evaluasi dilakukan untuk perbaikan/koreksi yang mencakup kinerja, relevansi dan pencapaian.

Kajian dan audit dilaksanakan secara menyeluruh (sesuai tahapan diatas) jadi bukan hanya memberikan data teknis saja tetapi sampai pada rekomendasi yang akan berguna untuk peningkatan kinerja, peningkatan kompetisi, pencegahan masalah dan perencanaan.

Secara umum audit teknologi bertujuan untuk6) :

1. Mendiagnosis kapasitas teknologi & inovasi, kebutuhan & peluang perusahaan yang dapat membantu perusahaan dalam mengembangkan & meningkatkan persaingan.
2. Melakukan benchmarking antar perusahaan untuk mengevaluasi posisi persaingan perusahaan & mendorong peningkatan kinerja yang berkelanjutan.
3. Mendefinisikan jasa yang dapat ditawarkan oleh infrastruktur teknologi, konsepsi program & orientasi kebijakan perusahaan terhadap industri, sehingga

mempunyai pemahaman yang lebih baik kebutuhan real perusahaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kinerja Peralatan Pengolahan Produk Antara

Peralatan pengolahan produk antara yang ada di lokasi terdiri dari 2 set peralatan yang berasal dari vendor yang berbeda. Satu set peralatan (produksi Bogor) tidak dapat berfungsi karena pembuatannya tidak baik dan ada bagian alat yang tidak lengkap. Satu set lagi masih berfungsi walaupun kinerjanya tidak optimal, mencakup mesin penyangrai, mesin pemecah kulit dan pemisah biji, pemasta kasar, pengempa lemak manual, mesin pembubuk/ koncing dan mesin pengayak bubuk kakao. Spesifikasi peralatan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

1. Penyangraian

Proses penyangraian biji kakao kering (Gambar 1) merupakan salah satu proses penting dalam pengembangan cita rasa, aroma dan warna sehingga kondisi penyangraian yang optimal dapat menghasilkan produk olahan kakao yang mempunyai tekstur dan cita rasa yang baik.⁷⁾ Panas yang disuplai dalam proses penyangraian perlu diberikan dalam intensitas dan waktu yang cukup untuk perkembangan cita rasa (flavor) kakao, namun panas yang berlebihan dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan cita rasa atau kehilangan antioksidan.^{8,9)}

Suhu penyangraian merupakan faktor utama penyebab terjadinya pewarnaan cokelat dalam biji kakao yang disangrai. Pembentukan pigmen warna cokelat yang dinamis pada saat penyangraian bergantung pada tingkat suhu penyangraian. Mutu produk kakao hasil sangrai ditentukan oleh mutu biji dan kondisi penyangraiannya.¹⁰⁾ Oleh karena itu, penyangraian merupakan hal penting yang harus benar-benar diperhatikan untuk menghasilkan produk kakao yang bermutu baik.

Tabel 2.
Peralatan pengolahan produk antara yang ada di koperasi

No.	Peralatan	Jumlah	Kapasitas	Keterangan
1	Mesin sangrai kakao (roaster)	1 unit	40 kg/batch (1 batch = 30 mnt)	Untuk menyangrai biji kakao
2	Mesin pemecah kulit dan pemisah biji	1 unit	50 kg/jam	untuk memecah buah dan pemisah biji kakao (1+0,5 HP)
3	Pemasta kasar	1 unit	25 kg/jam	2 HP
4	Pengempa lemak manual	1 unit	0,5 kg /batch atau 1-2 kg/jam	Tipe dongkrak 20 ton
5	Mesin pembubuk /Koncing	1 unit	4 kg/ batch (1 batch > 8 jam)	2 HP + 500 watt
6	Mesin pengayak bubuk kakao	1 unit	20 kg/jam	200 mesh, tipe getar



Gambar 1.
Mesin penyangrai biji kakao



Gambar 2.

Mesin pemecah kulit biji kakao

2. Pemecahan Biji dan *Winnowing*

Biji yang telah disangrai kemudian dipecah dengan menggunakan mesin pemecah kulit biji kakao (Gambar 2) untuk memisahkan kulit dengan inti biji. Karena inti biji bersifat elastis, pecahan biji mempunyai ukuran yang relatif besar dan seragam. Sebaliknya, kulit biji karena sifatnya yang rapuh mempunyai ukuran yang lebih halus. Dengan perbedaan ukuran fisik yang mencolok, keduanya mudah dipisahkan menggunakan hembusan kipas. Pecahan inti biji yang lebih berat akan tertampung di bawah sedang pecahan kulit yang halus dan ringan akan terhisap ke dalam kantong sistem penyaring udara.

3. Pemastaan

Proses pemastaan merupakan proses penghancuran nibs (daging buah kakao) yang telah disangrai menjadi ukuran tertentu (150-160 μ) dengan menggunakan mesin pemasta kasar (Gambar 3). Dengan ukuran seperti itu maka nib yang dihancurkan akan menjadi pasta kental. Hasil jadi penghancuran kakao tersebut terjadi dikarenakan kandungan yang terdapat pada biji kakao yang terdiri dari 50% lemak kakao. Penghancuran tersebut bertujuan juga untuk memperbesar luas permukaan kakao, sehingga pada saat pengempaan dengan bantuan pemanasan akan memberikan pengaruh semakin banyaknya lemak kakao yang dapat diekstrak.

4. Pengempaan

Pengempaan adalah proses pemisahan atau pengeluaran lemak kakao dengan cara mengepres pasta kakao¹¹⁾ Sisa pengepresan disebut dengan ampas atau bungkil kakao (*cacao cake*). Lemak kakao dikeluarkan dari inti biji dengan proses penekanan menggunakan kempa. Inti biji kakao yang masih panas dimasukkan ke dalam alat kempa hidrolik dengan dinding silinder diberi lubang-lubang (Gambar 4) dan sebagai

penyaring digunakan kain. Cairan lemak akan keluar melewati lubang-lubang tersebut sedangkan bungkil inti biji akan tertahan di dalam silinder. Rendemen lemak yang diperoleh dari pengempaan antara lain dipengaruhi oleh suhu biji, kadar air, ukuran partikel biji, kadar protein, tekanan kempa dan waktu pengempaan.

Alat pengempa/pengepres pasta coklat terdiri dari 2 jenis yaitu alat pengempa tipe mekanis dan alat pengempa tipe hidrolik. Alat pengempa tipe mekanis merupakan alat pengempa yang menggunakan tenaga manusia, sistem kerjanya menggunakan dongkrak.

Alat pengempa tipe hidrolik merupakan alat pengempa lemak kakao yang menggunakan prinsip dasar tekanan. Tekanan pengepresan optimum sebesar 200 kg/cm^2 akan menghasilkan lemak secara maksimal dimana satu kali pengepresan butuh waktu 10 – 15 menit dengan kapasitas 0,5 kg pasta per batch.

5. Koncing / Penghalusan

Bungkil inti biji hasil pengempaan dihaluskan dengan alat penghalus (*breaker*) seperti pada Gambar 5. Untuk memperoleh ukuran fraksi yang seragam, setelah penghalusan dilakukan pengayakan. Biji kakao relatif lebih sulit dihaluskan dibandingkan biji-bijian dari produk pertanian lainnya karena pengaruh kadar lemak. Lemak yang tersisa di dalam bubuk akan meleleh pada saat dihaluskan karena gesekan dan menyebabkan komponen peralatan penghalus tidak dapat bekerja secara optimal.

Jika suhu penghalusan di bawah 34 °C, fraksi gliserida di dalam lemak kakao menjadi tidak stabil dan menyebabkan bubuk kembali membentuk bongkahan (*lump*), untuk itu selama proses penghalusan suhu operasi harus dikontrol agar diperoleh bentuk bubuk yang stabil baik warna maupun sifat-sifatnya.¹²⁾



Gambar 3.
Proses pemastaan tahap pertama



Gambar 4.
Mesin pres/ pengempa manual



Gambar 5.
Mesin koncing/pembubuk



Gambar 6.
Pengoperasian mesin pengayak bubuk

6. Pengayakan

Bungkil yang sudah kering dan dihaluskan pada proses koncing diatas kemudian diayak dengan mesin pengayak bubuk kakao (Gambar 6). Hasil dari pengayakan bubuk kakao diarahkan untuk dapat memenuhi syarat mutu bubuk kakao/cokelat sesuai SNI.13)

Audit Peralatan Pengolahan Kakao

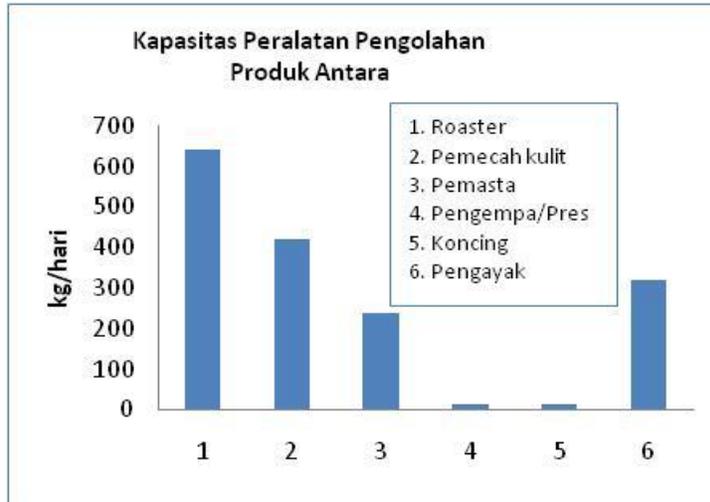
Berdasarkan pengamatan yang dilakukan pada peralatan pengolahan produk antara kakao di lokasi, diketahui bahwa terdapat 6 (enam) peralatan pengolahan produk antara yang masih dapat beroperasi dengan baik yaitu penyangrai, pemecah kulit, pemasta kasar, pengempa manual, pembubuk/koncing dan pengayak bubuk. Untuk menganalisis kesesuaian kapasitas peralatan yang ada maka terlebih dahulu perlu dihitung kapasitas masing-masing alat dengan menggunakan satuan yang sama dalam hal ini adalah jumlah kilogram biji kering yang diproses

dalam satu hari (8 jam) kerja atau kg bjk/hr (Tabel 3). Kemudian dari kapasitas tersebut dapat dihitung jumlah tenaga/energi (kWh/bln, 1 bulan = 20 hari kerja) yang diperlukan setiap peralatan pengolahan produk antara.

Dari tabel tersebut dan grafik pada Gambar 7 terlihat bahwa kapasitas peralatan pengolahan produk antara kakao yang ada sangat bervariasi. Alat pengempa/ pengepres lemak dan pembubukan kakao adalah yang paling kecil kapasitasnya, 64 kali lebih kecil dari alat penyangrai yang kapasitasnya terbesar. Berdasarkan perhitungan tersebut maka kapasitas maksimal pengolahan produk antara yang dapat dicapai adalah sekitar 10 kg biji kering per hari yang dapat menghasilkan sekitar 5 kg bubuk dan 3 kg lemak kakao per hari atau sekitar 100 kg bubuk dan 60 kg lemak dalam satu bulan. Untuk tingkat produksi tersebut dibutuhkan 44 kWh listrik setiap bulan, dimana 95%nya dihabiskan untuk alat koncing atau proses pembubukan.

Tabel 3.
Analisis kapasitas peralatan pengolahan produk antara

No.	Peralatan	Kapasitas	Jlh	kg bjk /hr	Daya (HP)	kWh /bln	Rp/bln
1	Sangrai (roaster)	40 kg/batch	1	640	0.5	0.09	141
2	Pemecah kulit	50 kg/jam	1	421	1.5	0.43	641
3	Pemasta kasar	25 kg/jam	1	235	2	1.02	1,530
4	Pengempa manual	0,5 kg /batch	1	10	0	0.00	-
5	Pembubuk/Koncing	4 kg/ batch	1	10	2.75	41.25	61,875
6	Pengayak bubuk	20 kg/jam	1	320	0.5	0.19	281



Gambar 7.
Kapasitas peralatan pengolahan produk antara di UKM Luwu



Gambar 8.
Jumlah konsumsi listrik peralatan pengolahan produk antara

Apabila proses pengolahan produk antara dibatasi hanya sampai menghasilkan pasta maka jumlah produk pasta yang dapat dihasilkan adalah sebanyak 200 kg per hari atau 4 ton pasta per bulan. Dengan membatasi produk akhir pengolahan hanya sampai pasta, maka konsumsi tenaga dan listrik akan berkurang drastis mengingat tidak lagi melakukan pengepresan dan pembubukan yang boros waktu dan energi (lihat Gambar 8). Satu hal yang menjadi catatan adalah hasil pasta yang diperoleh masih kasar ($>100 \mu\text{m}$) sehingga perlu ditambahkan mesin pemasta halus untuk menghaluskan partikel pasta hingga sekitar $25 \mu\text{m}$.

Berdasarkan hasil kajian yang sudah dilakukan pada proses pengolahan antara kakao, diketahui bahwa proses pengepresan lemak dan pembubukan kakao adalah proses yang kritis karena paling rumit serta memerlukan biaya dan energi paling besar. Selain itu produk bubuk kakao dari UKM pada umumnya tidak dapat memenuhi standar SNI yang berlaku, akibat tidak ditangani secara baik dan bersih sehingga proses ini mudah terkontaminasi. Kapasitas dan kinerja alat pengepres dan pembubuk yang ada juga rendah sehingga proses ini menjadi 'bottle neck' proses produksi. Keadaan ini dapat dikatakan terjadi pada hampir semua unit pengolahan kakao skala UKM.

Hal ini sangat kontras dengan industri pengolahan kakao skala besar yang umumnya memakai mesin pengolahan termasuk mesin press yang memiliki kapasitas dan kinerja yang tinggi serta tempat dan prosedur yang memenuhi syarat GMP (*good manufacturing practices*). Tentu akan sangat sulit bagi UKM untuk bersaing dengan industri besar baik dari sisi kapasitas, mutu maupun biaya produksi. Bagaimana agar UKM pengolahan kakao dapat memproduksi coklat bermutu dengan harga produk yang terjangkau tetapi proses produksinya tetap efisien, perlu ditetapkan strategi pemilihan produk dan proses produksi yang tepat.

Apabila dicermati aneka produk coklat pada umumnya mengandung bubuk coklat dan lemak kakao yang dicampur dengan bahan-bahan lain seperti gula, susu, emulsifier (leçhitin) dan vanila. Campuran ini menjadi dasar untuk diolah kembali menjadi aneka produk coklat lainnya.¹⁴⁾ Produk dari campuran dasar ini dalam bentuk blok dikenal dengan nama *couverture*. Di pasaran dalam negeri, karena harga lemak kakao cukup tinggi komponen ini diganti dengan CBS (*cocoa butter substitute*) yang harganya lebih murah dibandingkan dengan lemak kakao yang asli.^{15,16)} Produknya dikenal dengan nama coklat compound yang umum digunakan sebagai bahan dasar pembuatan aneka makanan dan minuman coklat.

SIMPULAN

Kapasitas peralatan pengolahan produk antara kakao yang ada di UKM sangat bervariasi. Kapasitas pengolahan maksimum dibatasi oleh kapasitas peralatan terendah yaitu alat pengempa/pengepres manual dan pembubuk kakao (koncing).

Kapasitas pengolahan produk antara maksimal yang dapat dicapai adalah sekitar 10 kg biji kering per hari yang dapat menghasilkan sekitar 5 kg bubuk dan 3 kg lemak kakao per hari atau sekitar 100 kg bubuk dan 60 kg lemak dalam satu bulan. Untuk tingkat produksi tersebut dibutuhkan 44 kWh listrik setiap bulan, dimana 95%nya dihabiskan untuk alat koncing atau proses pembubukan.

Apabila proses pengolahan produk antara dibatasi hanya sampai menghasilkan pasta maka jumlah produk pasta yang dapat dihasilkan adalah sebanyak 200 kg per hari atau 4 ton pasta per bulan. Dengan demikian maka konsumsi tenaga dan listrik akan dapat berkurang secara signifikan.

SARAN

Pengolahan produk antara di Koperasi Bina Harapan Luwu direkomendasikan hanya sampai produk pasta. Pada kondisi yang ada saat ini dapat dihasilkan sebanyak 4 ton pasta per bulan. Dengan membatasi produk akhir pengolahan hanya sampai pasta, maka kapasitas produksi meningkat drastis.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi RI, BPP Teknologi dan Koperasi Bina Harapan Luwu atas dukungan dana, fasilitas dan kerjasamanya dalam pelaksanaan studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Syamsiro M., H. Saptoadi, B.H. Tambunan, N.A. Pambudi. 2012. *A preliminary study on use of cocoa pod husk as a renewable source of energy in Indonesia*. Energy for Sustainable Development 16 (2012) p.74–77.
2. WCF [World Cocoa Foundation]. 2010. Cocoa market. <http://www.worldcocoafoundation.org/learn-about-cocoa/cocoa-market.html>. Diakses 25 Juli 2014.
3. Wahyudi, T., Pujiyanto, dan T. R. Panggabean, 2008. "Panduan Lengkap Kakao", Penebar Swadaya, Jakarta.
4. Manalu, L.P. 2016. *Studi Peran Riset Dan Pengembangan Dalam Mendukung Industri Kakao Nasional*. Majalah Pengkajian Industri.10 (1), 2016, p. 19-26
5. Mulato, S. et al. 2010. Pengolahan produk primer dan sekunder kakao, Edisi-4. Puslit Kopi dan Kakao Indonesia, Jember.
6. Milan, C.B. & J.F. Junker. 2000. *Industrial Audit Guidebook: A Guidebook for Performing Walkthrough Energy Audits of Industrial Facilities*, Bonneville Power Administration.
7. Misnawi. 2005. *Peranan Pengolahan Terhadap Pembentukan Citarasa Cokelat*. Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao, Jember, Vol. 21 (3).
8. Kothe L., B.F. Zimmermann, R. Galensa. 2013. *Temperature influences epimerization and composition of flavanol monomers, dimers and trimers during cocoa bean roasting*. Food Chemistry 141 (2013) p.3656–3663

9. Arlorio, M., M. Locateli, F. Travagila, J.D. Coisson, E. Del Grosso, A. Minassi, G. Appendino & A. Martelli. 2010. *Roasting impact on the contents of clovamide (Ncaffeoyl-L- DOPA) and antioxidant activity of cocoa beans* (Theobroma cacao L.). Food Chem. 106, p.967-975.
10. Nazaruddin, R., H. Osman, S. Mamot, S. Wahid & N. Aini. 2006. *Influence of roasting conditions and volatile plavor of roasted Malaysian cocoa beans*. J. of Food Process. And Preserv. 30, p.280-298.
11. Bari, V.D., J.E. Norton, I.T. Norton. 2014. *Effect of processing on the microstructural properties of water-in-cocoa butter emulsions*. Journal of Food Engineering 122 (2014) p.8–14.
12. Adeyeye, E.I., R.O. Akinyeye, I. Ogunlade, O. Olaofe, J.O. Boluwade. 2010. *Effect of farm and industrial processing on the amino acid profile of cocoa beans*. Food Chemistry 118, 357–363.
13. BSN [Badan Standarisasi Nasional Indonesia]. 2013. "Bubuk Cokelat, Rancangan Standar Nasional Indonesia". Jakarta: SNI 01-3747:2013.
14. Esther L., E.L. Keijbets, J. Chen & J. Vieira. 2010. *Chocolate demoulding and effects of processing conditions*. Journal of Food Engineering 98 (2010), p.133–140.
15. Jahurul M.H.A., et al. 2013. *Cocoa butter fats and possibilities of substitution in food products concerning cocoa varieties, alternative sources, extraction methods, composition, and characteristics*. Journal of Food Engineering 117 (2013) p.467–476.
16. Giacometti, J., S.M. Jolic & D. Josic. 2015. *Cocoa Processing and Impact on Composition*. Dalam Preedy, V. (Ed). *Processing and Impact on Active Components in Food*. Academic Press, San Diego, California, p. 605-612.

SIMULASI DAN ESTIMASI KEBUTUHAN ENERGI SISTEM GASIFIER DENGAN BAHAN BAKU BATUBARA SUMSEL DAN KALSEL

SIMULATION AND ESTIMATION IN ENERGY NEEDS FOR GASIFIER SYSTEM USING COAL FROM SOUTH SUMATRA AND SOUTH KALIMANTAN AS RAW MATERIAL

Abdul Ghofar, Rudy Surya Sitorus, Erbert Ferdy Destian, Endro Wahyu Tjahjono, Moch. Ismail, Murbantan Tandirerung, Derina Paramitasari

Pusat Teknologi Sumberdaya Energi dan Industri Kimia, TIEM- BPPT
Gedung Energi 625, Puspiptek, Serpong, TangSel. Telp. : (021) 75791355/54 Fax : (021) 75791355
e-mail : abdul.ghofar@bppt.go.id, rudy.sitorus@bppt.go.id, ferdy.destian@bppt.go.id,
endro.wahju@bppt.go.id, mochamad.ismail@bppt.go.id, murbantan.tandirerung@bppt.go.id,
derina.paramitasari@bppt.go.id

Abstrak

Batubara yang melimpah di Indonesia dapat dijadikan sebagai bahan baku alternatif untuk industri petrokimia. Namun demikian, diperlukan teknologi pengolahan yang tepat supaya dapat digunakan secara optimal sesuai dengan karakteristik batubara yang ada di Indonesia. Salah satu teknologi pengolahan batubara adalah gasifikasi untuk menghasilkan synthetic gas (syngas). Terdapat beberapa jenis teknologi gasifikasi antara lain Fixed Bed, Fluidized Bed, dan Entrained Bed. Penelitian ini bertujuan mencari keunggulan dari masing-masing teknologi dari segi kebutuhan energi, produk syngas, biaya modal, dan biaya operasional proses yang disimulasikan dengan menggunakan aspen plus. Sampel batubara yang digunakan dalam simulasi ini berasal dari empat daerah di wilayah potensial penghasil batubara yakni dua daerah di wilayah Sumatera Selatan (Keluang dan Babat Tomang) dan dua daerah di wilayah Kalimantan Selatan (Pendopo dan Sebuku). Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa teknologi yang sesuai dengan karakteristik batubara Indonesia adalah teknologi fluidized bed dan entrained bed. Di mana untuk teknologi fluidized bed membutuhkan energi lebih rendah walaupun syngas yang dihasilkan lebih sedikit serta modal dan biaya operasional yang lebih tinggi dibandingkan entrained bed dan fixed bed. Sedangkan untuk teknologi entrained bed menghasilkan syngas yang lebih banyak dan ramah lingkungan walaupun teknologi ini membutuhkan energi yang lebih tinggi.

Kata kunci : Syngas, gasifikasi batubara, simulasi proses, aspen plus

Abstract

The abundant amount of coal in Indonesia can be used as an alternative raw material for petrochemical industries. However, a suitable processing technology based on the coal characteristic is needed. One of the coal processing technology is gasification which convert coal into synthetic gas. There are some type of gasification technology such as fixed, fluidized, and entrained bed. The aim of this research is to choose the most suitable technology by using aspen plus based on energy needs, syngas production, capital cost, and operating cost. Coal samples used in this simulation were obtained from four potential places such as South Sumatera (Keluang and Babat Tomang) and South Kalimantan (Pendopo and Sebuku). The simulation shows that fluidized bed and entrained bed type are the most suitable gasification technology based on the characteristics of Indonesian

coal. Fluidized bed requires lower energy needs but it produces less syngas and the capital and operating cost are higher than the other type. Meanwhile, entrained bed type produce more syngas although it needs higher energy than other type of gasification technology.

Keywords: *Syngas, coal gasification, process simulation, aspen plus*

Diterima (received) : . 11 Februari 2016, Direvisi (revised) : : 7 Maret 2017

Disetujui (Accepted) : 5 April 2017

PENDAHULUAN

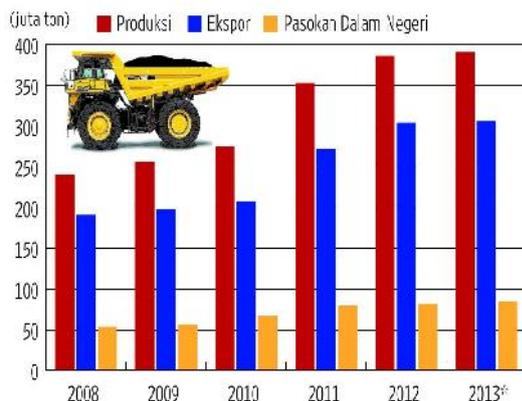
Ketersediaan batubara yang masih melimpah di Indonesia merupakan sumber energi fosil yang belum dimanfaatkan secara optimal. Batubara dapat dijadikan sumber energi yang lebih bermanfaat jika digunakan teknologi yang tepat dalam pengolahannya.

Tabel 1.
Cadangan Energi Fosil dalam (%) yang Terdapat di Indonesia

Tahun	2005	2006	2007
Minyak	14,48	14,00	14,00
Gas	3,91	1,00	2,00
Batubara	58,89	64,00	62,00
Hydro	17,41	15,00	16,00
Geotermal	5,31	6,00	6,00
Total	100	100	100

Sumber Data : Dit. Pengusahaan Minerbapabum 2009

Dari tabel diatas terlihat bahwa ketersediaan batubara yang besar dapat dijadikan sebagai sumber energi alternative.



Keterangan:
^a Rencana Kerja dan Anggaran Perusahaan (RKAP)

Sumber Data : Considine, 1974

Gambar 1.

Produksi Batubara di Indonesia Untuk Dalam Negeri Dan Ekspor Luar Negeri

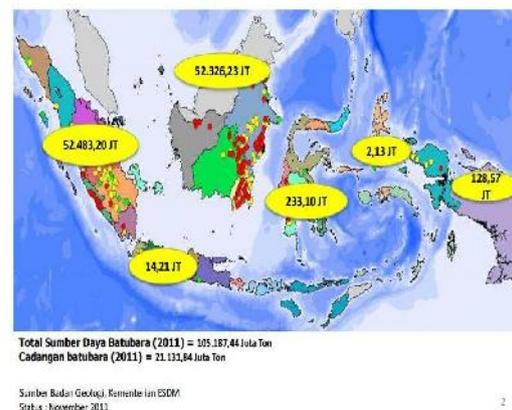
Peningkatan produksi yang terus meningkat dan setiap tahun sebagian besar hanya dimanfaatkan untuk ekspor belum dimanfaatkan untuk konsumsi dalam negeri

secara optimal. Untuk itu diperlukan pemilihan teknologi pemanfaatan batubara yang tepat, efektif dan efisien agar dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan dalam negeri.

Penyebaran Dan Karakteristik Batu-bara Di Indonesia

Batubara Indonesia tersebar di beberapa kepulauan besar di Indonesia seperti pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Halmahera, dan Papua. Berdasarkan data bulan Desember 2011, cadangan batubara di Indonesia yang terbesar terdapat di pulau Sumatera dan Kalimantan.³⁾

PETA LOKASI PENYEBARAN SUMBER DAYA DAN CADANGAN BATUBARA STATUS DESEMBER (2011)



Gambar 2.
Cadangan Batubara di Indonesia Tahun 2011

Namun demikian, karakteristik batubara di Indonesia sebagian besar low rank dan middle rank dengan kalori rendah dan kadar air tinggi.⁷⁾

Tabel 2.

Kategori	Kategori Batubara Dan Nilai Kalori		
	H ₂ O (%)	C (%)	Kalori (kcal/kg)
Lignite	43,4	37,8	4.113
Sub-bituminous	23,4	42,4	5.403
Low Volatile	11,6	47	7.159
Sub-bituminous	5	54,2	7.715
Medium Volatile	3,2	64,6	8.427
Sub-bituminous			
High Volatile			

<i>Sub-bituminous</i>			
<i>Sub-anthracite</i>	6	83,8	8.271
<i>Anthracite</i>	3,2	95,6	8.027

Sumber Data : Considine, 1974

Cadangan ketersediaan batubara di Indonesia cukup melimpah (jenis lowrank), yaitu diperkirakan sampai sekitar 80 tahun lagi.⁷⁾

Tabel 3.
Karakteristik Cadangan Batubara di Indonesia

Kualitas	Kalori	Cadangan (juta ton)	%
Low rank	< 5.100 kal	21.183,0	20,22
Middle rank	5.100-6.100	69.55	66,39
High rank	6.100-7.100	13.021,4	12,43
Highest rank	> 7.100	1.001,6	0,96
Total		104.757,1	100

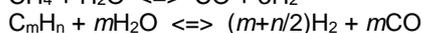
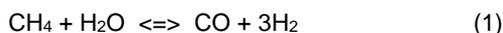
Sumber Data : Dit. Pengusahaan Minerabapabum 2009

Berdasarkan pertimbangan tersebut pengembangan teknologi gasifikasi batubara menjadi sangat prospektif untuk menghasilkan gas sintesa (syntetic gas) yang dapat berlaku sebagai alternatif pengganti gas alam, baik untuk energi maupun sebagai bahan baku industri petrokimia.

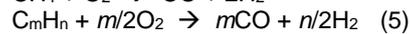
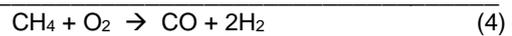
Gasifikasi Batubara

Gasifikasi adalah proses konversi hidrokarbon menjadi produk gas-gas yang memiliki nilai kalor yang berguna. Bahan yang bisa digasifikasi adalah semua hidrokarbon yaitu minyak, batubara, petcoke, vacuum residue, bahkan biomasa. Pada gasifikasi akan dihasilkan *synthetic gas* (syngas) dengan komposisi, rasio, dan karakteristik gas yang berbeda-beda tergantung pada bahan baku, proses, dan jenis gasifier yang digunakan.⁵⁾ Syngas merupakan campuran gas karbon monoksida, hidrogen, metana, karbon dioksida, dan gas-gas lainnya. Selain dapat digunakan langsung sebagai bahan bakar ramah lingkungan, syngas juga merupakan *intermediate product* pada industri petrokimia yang artinya produk yang berfungsi sebagai bahan baku untuk produk lainnya, seperti bahan baku pembuatan methanol, pupuk urea, dan lain-lain⁴⁾. Adapun prinsip teknologi syngas, adalah sesuai persamaan reaksi berikut :

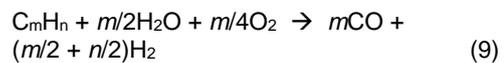
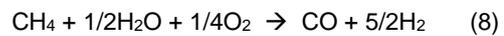
) Steam reforming :



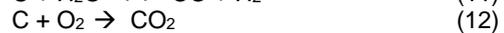
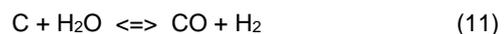
) Partial Oxidation :



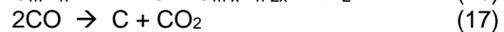
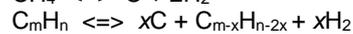
) Autothermal reforming atau oxidative steam reforming :



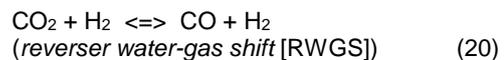
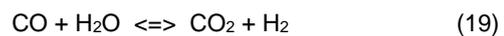
) Carbon gasification (coal, coke) :



) Carbon Formation :



) Water-gas shift :

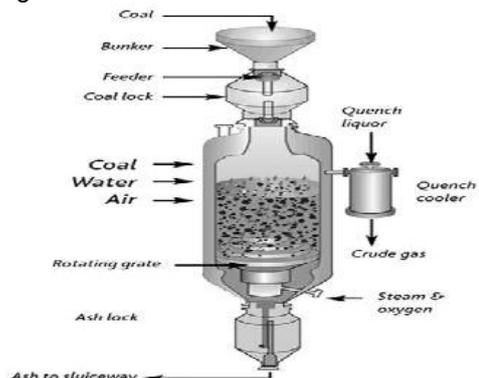


Teknologi dan Jenis Reaktor penghasil syngas

Secara umum, terdapat tiga jenis reaktor gasifier yang digunakan untuk gasifikasi batubara dan biomasa yaitu fixed bed gasifier (teknologi Lurgi), fluidized bed, dan entrained flow gasifier.⁴⁾

1. Fixed Bed Reactor (Teknologi Lurgi)

Aliran proses dalam reaktor interjadi secara counter current antara batubara dan oksigen. Steamdialirkan dengan kecepatan yang tinggi untuk memperoleh hasil gasifikasi yang baik.



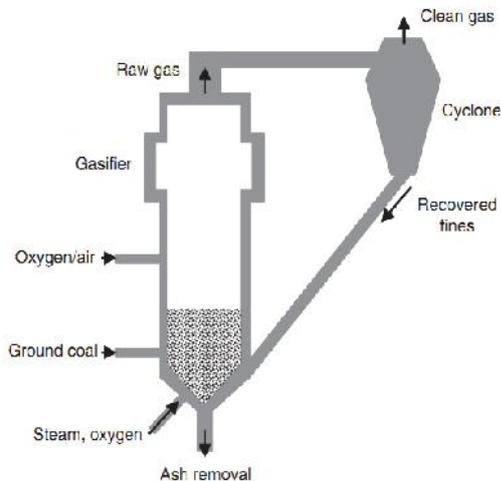
Gambar 3.
Fixed Bed Reactor

Adapun karakteristik batubara dari teknologi lurgi/ fixed bed reactor ini adalah sebagai berikut:

- a. Batubara harus mengandung banyak zat volatile karena hasil dari daerah devolatilisasi adalah tar dan metana (tidak semua batubara cocok untuk teknologi ini) ⁴⁾
- b. Kandungan ash harus rendah, karena membutuhkan energi lebih untuk memisahkan ash tersebut. ⁴⁾
- c. Batubara memiliki ukuran kurang lebih 3-55 mm. ⁴⁾

2. Fluidized Bed Reactor

Dalam teknologi ini batubara dimasukan dari atas dan dialirkan dengan bantuan gas sehingga membentuk fluida, sementara oksigen dan steam dialirkan dari bawah. Proses dalam teknologi ini berlangsung secara continuous. Karakteristik batubara yang digunakan adalah batubara dihancurkan sampai berukuran sekitar 0.5-5 mm. ⁴⁾



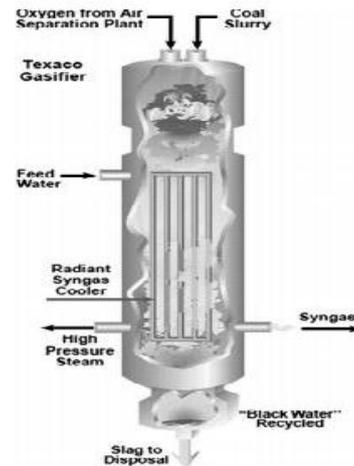
Gambar 4.
Fluidized Bed Reactor

Gambar 4 diatas merupakan gambar reactor Fluidized Bed dengan konfigurasi nya.

3. Entrained Bed Reactor

Pada proses ini batubara, oksigen, dan steam dimasukan secara co-current.

Karakteristik batubara yang digunakan dalam teknologi ini adalah dengan ukuran yang sangat kecil ukuran 0.1 mm dan seragam (homogen). ⁴⁾



Gambar 5.
Entrained Bed Reactor

Gambar 5 diatas merupakan gambar reactor Entrained Bed dengan konfigurasi nya.

METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian ini diawali dengan pengambilan sampel batubara yang berasal dari empat daerah di dua wilayah potensial penghasil batubara, yakni dua daerah di wilayah Sumatera Selatan (Keluang dan Babat Tomang) dan dua daerah di wilayah Kalimantan Selatan (Pendopo dan Sebuk). Kemudian sampel dianalisa secara proximate dan ultimate untuk mengetahui karakteristik batubara.

Analisa Proximate

Analisa Proximate Batubara digunakan untuk mengetahui karakteristik (sifat fisis) dan kualitas batubara dalam kaitannya dengan penggunaan batubara tersebut, yaitu untuk mengetahui jumlah relatif air lembab (*Moisture Content*), zat terbang (*Volatile Matter*), abu (*Ash Content*), dan karbon tertambat (*Fixed Carbon*) yang terkandung didalam batubara. ⁵⁾

Analisa Ultimate

Analisa Ultimate (analisa elementer) adalah analisa untuk mengetahui sifat kimia dalam penentuan jumlah unsur Karbon (C), Hidrogen (H), Oksigen (O), Nitrogen (N) dan Sulfur (S). ⁵⁾

Metode Simulasi

Metode simulasi proses yang digunakan dalam penelitian ini adalah Aspen plus yang merupakan suatu program simulasi yang menggunakan hubungan antara besaran fisika seperti neraca massa, neraca panas,

kesetimbangan termodinamika, persamaan kecepatan untuk memprediksi performance suatu proses seperti sifat aliran dan kondisi operasi ukuran alat, dan lain-lain.

Software yang digunakan untuk simulasi dan estimasi proses adalah Aspen Plus 8.4, dengan parameter komposisi umpan, kondisi proses dan peralatan yang digunakan pada tiga jenis teknologi gasifikasi, yaitu Fix Bed, Fluidized Bed dan Entrained Bed.¹⁰⁾

Simulasi yang dimaksud adalah dengan melakukan estimasi untuk menghitung kebutuhan energi, produk syngas yang dihasilkan, biaya modal dan biaya operasional proses dari ketiga teknologi gasifikasi tersebut di atas.¹⁰⁾

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tiga teknologi gasifikasi batubara Fix Bed, Fluidized Bed dan Entrained Bed memiliki keunggulan masing-masing. Ketiga teknologi tersebut sangat dipengaruhi oleh karakteristik bahan baku yang digunakan sebagai umpan untuk memproduksi syngas, yaitu seperti kandungan kadar air, fixed carbon, kandungan ash, dan volatile matter.

Nilai tersebut diperoleh dari uji karakteristik batubara, yaitu uji proximate. Selain uji proximate, juga dilakukan uji ultimate, yaitu untuk penentuan ash, carbon, hidrogen, nitrogen, sulfur, dan oksigen.

Hasil analisa proximate dan ultimate terhadap sampel batubara dari 4 (empat) daerah uji dapat ditunjukkan pada Tabel 4 dan Tabel 5 berikut:

Tabel 4.
Hasil Analisa Proximate dan Ultimate Batubara dari Sumatera Selatan
(Keluang dan Babat Toman)

Analysis Parameters	Lokasi Sample		Unit	Basis	Standard Methods
	Keluang	Babat Toman			
PROXIMATE :					
Moisture in Air Dried Sample	14	11	%	adb	ASTM D.3173
Ash	7	5	%	adb	ASTM D.3174
Volatile Matter	40	42	%	adb	ISO 562
Fixed Carbon	39	42	%	adb	ASTM D.3172
ULTIMATE :					
Carbon	72,6	65,7	%	adb	ASTM D.5373
Hidrogen	4,90	6,3	%	adb	ASTM D.5373
Nitrogen	1,32	0,8	%	adb	ASTM D.5373
Total Sulfur	0,9	0,2	%	adb	ASTM D.4239
Oxigen	20,2	27	%	adb	ASTM D.3176
Gross Caloric Value	5.300	5.600	Cal/g	adb	ASTM D.5865

Tabel 5.
Hasil Analisa Proximate dan Ultimate Batubara dari Kalimantan Selatan
(Pendopo dan Sebuku)

Analysis Parameters	Lokasi Sample		Unit	Basis	Standard Methods
	Pendopo	Sebuku			
PROXIMATE :					
Moisture in Air Dried Sample	10,81	4,86	%	adb	ASTM D.3173
Ash	16,84	36,05	%	adb	ASTM D.3174
Volatile Matter	41,26	34,55	%	adb	ISO 562
Fixed Carbon	31,09	24,54	%	adb	ASTM D.3172
ULTIMATE :					
Carbon	48,99	46,77	%	adb	ASTM D.5373
Hidrogen	5,08	4,99	%	adb	ASTM D.5373
Nitrogen	0,66	0,78	%	adb	ASTM D.5373
Total Sulfur	0,23	0,49	%	adb	ASTM D.4239
Oxigen	28,20	10,92	%	adb	ASTM D.3176
Gross Caloric Value	4.311	4.611	Cal/g	adb	ASTM D.5865

Hasil uji proximate dan uji ultimate tersebut kemudian dimasukkan dalam simulasi aspen plus, dengan kondisi operasi dan umpan yang sama untuk teknologi yang sama.

Sementara untuk teknologi yang berbeda, dilakukan kondisi operasi dan umpan yang berbeda. Namun untuk umpan, diberikan total nilai yang sama., walaupun komposisinya berbeda-beda.

Perhitungan dan Hasil Simulasi

1. Kebutuhan Energi

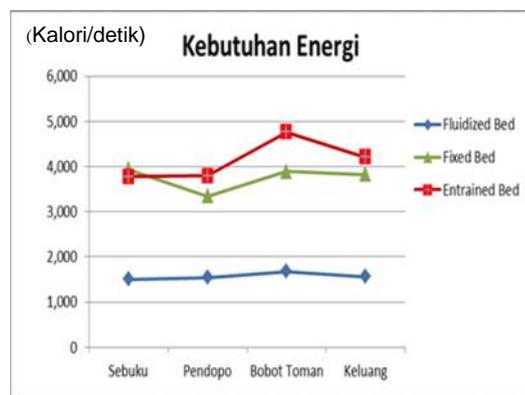
Bahan baku batubara yang digunakan dalam teknologi ini, sangat berpengaruh terhadap kebutuhan energi dari masing-masing teknologi..

Pada penelitian ini, menggunakan basis perhitungan 4.5 kg/jam umpan batubara. Berikut energi yang dihasilkan dari masing-masing teknologi untuk masing-masing daerah di Kalimantan Selatan (Pendopo dan Sebuku) dan Sumatera Selatan (Keluang dan Bobot Toman).

Tabel 6.
Kebutuhan Energi Untuk Setiap Teknologi Pada Masing-masing Daerah

Sampel	Fluidized Bed	Fixed Bed	Entrained Bed
Sebuku	1,510	3,938	3,776
Pendopo	1,540	3,344	3,796
Babat Toman	1,676	3,889	4,742
Keluang	1,561	3,824	4,206

Dari ketiga teknologi yang digunakan, teknologi entrained bed lebih banyak membutuhkan energy, terutama di wilayah Sumatera selatan (Babat Toman dan Keluang).



Gambar 6.
Kebutuhan Energi Untuk Setiap Teknologi pada Masing-masing Daerah

Umumnya, daerah dengan karakteristik batubara yang lebih basah (*wet coal*) akan membutuhkan energi yang lebih besar.

Namun demikian, wet coal tersebut umumnya dapat memproduksi syngas yang lebih banyak dan rendah emisi dengan teknologi gasifikasi yang tepat, seperti teknologi entrained bed gasifier.

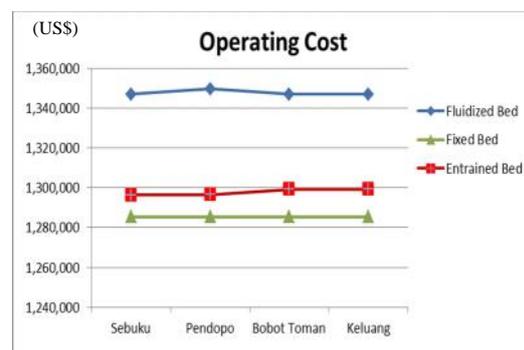
2. Biaya Operasional

Dalam dunia industri hal yang sangat diperhatikan antara lain yaitu biaya operasional. Berikut ini estimasi *operating cost* untuk setiap teknologi pada setiap daerah.

Tabel 7.
Operating Cost Untuk Setiap Teknologi Pada Masing-masing Daerah

Sampel	Fluidized Bed	Fixed Bed	Entrained Bed
Sebuku	1,347,000	1,285,530	1,296,390
Pendopo	1,349,670	1,285,530	1,296,640
Babat Toman	1,347,000	1,285,530	1,299,250
Keluang	1,347,000	1,285,530	1,299,250

Biaya operasional (*operating cost*) merupakan salah satu alasan penting dalam menentukan nilai jual suatu produk dari produsen ke konsumen. Untuk itu nilai *operating cost* yang rendah sangat diharapkan oleh suatu perusahaan. Berikut *operating cost* dari masing-masing teknologi untuk masing daerah di Kalimantan Selatan (Pendopo dan Sebuku) dan Sumatera Selatan (Keluang dan Bobot Toman).



Gambar 7.
Operating Cost Untuk Setiap Teknologi di setiap Daerah

Untuk *operating cost*, teknologi fixed bed dan entrained bed memberikan nilai *operating cost* yang hampir sama, atau tidak beda secara signifikan dan keduanya memberikan nilai estimasi *operating cost*

yang lebih rendah dibandingkan dengan teknologi fluidized bed.

Babat Toman	35.115	34,388	40,5
Keluang	34.973	34,235	40,5

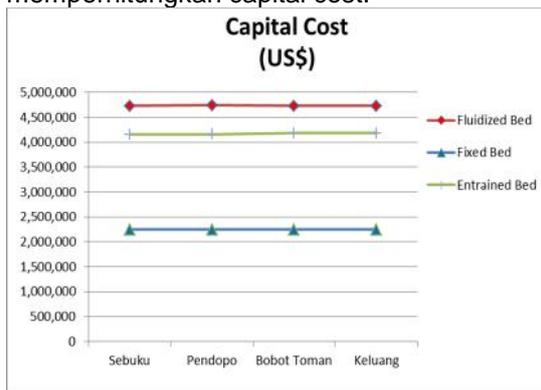
3. Biaya Modal

Bagi industri kecil dan menengah, biaya modal (*capital cost*) merupakan hal sangat penting. Berikut ini tabel *capital cost* hasil dari simulasi yang digunakan

Tabel 8.
Capital Cost Untuk Setiap Teknologi Pada Masing-masing Daerah

Sampel	Fluidized Bed	Fixed Bed	Entrained Bed
Sebuku	4,726,210	2,251,260	4,154,040
Pendopo	4,744,120	2,251,260	4,163,810
Babat Toman	4,726,210	2,251,260	1,181,170
Keluang	4,727,210	2,251,260	1,181,170

Untuk *capital cost* nilai satuan yang digunakan daalam US Dollar. Untuk itu, dalam melakukan investasi bisnisnya pengusaha kecil dan menengah sangat memperhitungkan *capital cost*.



Gambar 8.
Capital Cost Untuk Setiap Teknologi Pada Masing-masing Daerah

Dari kurva diatas dan dari ketiga teknologi yang digunakan, serta dari ke empat wilayah yang digunakan sebagai sampel teknologi fluidized bed membutuhkan *capital cost* yang lebih besar dibandingkan dengan teknologi entrained bed dan fixed bed gasifier.

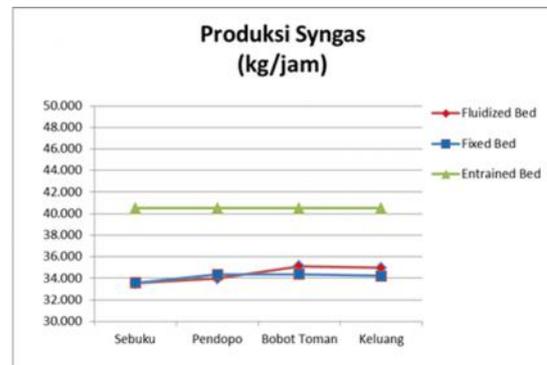
4. Produksi Syngas

Pada penelitian ini, parameter lain yang diperhatikan antara lain produksi syngas. Berikut tabel dibawah ini untuk hasil simulasi produksi syngas.

Tabel 9.
Produksi Syngas Untuk Setiap Teknologi Pada Masing-masing Daerah

Sampel	Fluidized Bed	Fixed Bed	Entrained Bed
Sebuku	33.527	33,581	40,5
Pendopo	33.972	34,337	40,5

Untuk hasil dari gasifikasi yang berupa syntetik gas atau syngas, produksi syngas yang dihasilkan dalam satuan kg/jam.



Gambar 9.
Produksi Syngas Untuk Setiap Teknologi Pada Masing-masing Daerah

Dari kurva diatas dan dari ketiga teknologi yang digunakan, serta dari ke empat wilayah yang digunakan sebagai sampel teknologi entrained bed gasifier menghasilkan syngas yang paling besar dibandingkan teknologi fluidized bed dan fixed bed gasifier. Dimana teknologi entrained bed ini pun merupakan teknologi yang lebih ramah lingkungan.

SIMPULAN

Ditinjau dari sumberdaya alamnya, Sumatera Selatan dan Kalimantan Selatan cukup representatif sebagai daerah potensial penghasil bahan baku batubara. Sementara itu, dari hasil analisa sampel uji *proximate* dan *ultimate* terhadap bahan baku batubara yang diambil dari daerah Sumatera Selatan mempunyai karakteristik sebagai berikut :

Semakin besar kadar air (*moisture content*) pada batubara, akan semakin kecil *Gross Caloric Valuenya*, maka *Gross Caloric Value* batubara dari daerah Keluang lebih kecil dari daerah Babat Tomang.

Semakin besar kadar air (*moisture content*), maka akan semakin besar kadar karbonnya. *Moisture content* batubara dari daerah Keluang lebih besar dibanding dari daerah Babat Tomang, maka kadar karbon batubara dari daerah Keluang juga lebih besar dari daerah Babat Tomang.

Hasil analisa sampel uji *proximate* dan *ultimate* terhadap sampel bahan baku yang diambil dari daerah Kalimantan Selatan mempunyai karakteristik sebagai berikut :

Semakin besar kadar air (*moisture content*) batubara, akan semakin kecil Gross Caloric Value, maka Gross Caloric Value batubara dari daerah Pendopo lebih kecil dari daerah Sebuku.

Semakin besar kadar air (*moisture content*), akan semakin besar kadar karbon. Moisture content batubara dari daerah Pendopo lebih besar dibanding dari daerah Sebuku, maka kadar karbon batubara dari daerah Pendopo juga lebih besar dari daerah Sebuku.

Selanjutnya dengan menggunakan aplikasi Aspen Plus dalam kegiatan penelitian ini, diperoleh hasil, bahwa batubara yang mempunyai kadar air (*moisture content*) dan fixed carbon tinggi, pada proses gasifikasinya membutuhkan energi yang lebih besar. Sementara itu kebutuhan energi untuk proses gasifikasi dengan menggunakan teknologi fluidized bed membutuhkan energi yang paling kecil dibandingkan dengan teknologi fixed bed dan entrained bed. Dan Entrained bed yang paling besar membutuhkan energi dengan kapasitas produksi yang sama. Produk gas yang dihasilkan dari proses gasifikasi dengan menggunakan teknologi entrained bed akan lebih banyak menghasilkan syngas, dibandingkan dengan teknologi fixed bed dan fluidized bed. Dengan besaran laju umpan yang sama. Untuk perhitungan biaya investasi (*capital cost*) pendirian plant gasifikasi batubara untuk teknologi fixed bed lebih murah dibandingkan dengan teknologi fluidized bed dan entrained bed. Biaya capital cost fluidized bed yang paling besar nilainya. Sedangkan untuk perhitungan biaya operasional (*operating cost*) teknologi gasifikasi yang paling murah adalah dengan teknologi fixed bed, namun tidak beda jauh dengan teknologi entrained bed. Sedangkan biaya oprasional yang paling mahal adalah dengan teknologi fluidized bed gasifier.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Negara Riset dan Teknologi dan Pendidikan Tinggi (KEMENRISTEK DIKTI) Republik Indonesia atas bantuan pendanaan untuk Riset Terapan Kegiatan Simulasi dan Estimasi Kebutuhan Energi Sistem Gasifier dengan Bahan Baku Batubara Sumatera Selatan dan Kalimantan Selatan yang merupakan bagian dari program insentif riset Sistem Inovasi Nasional (SINas), Tahun Anggaran 2015.

DAFTAR PUSTAKA

1. BP, Statistical Review of World Energy, www.bp.com, diakses tanggal 25 Agustus 2009.
2. Sekretariat Panitia Teknis Sumber Energi (PTE), Blueprint Energi Nasional 2005-2025, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2007.
3. Badan Geologi Kementerian ESDM. November 2011.
4. Perancangan Pabrik Gas Sintetis Menggunakan Proses Gasifikasi Batubara Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bahan Bakar Cair. Muhammad Habiburrohman. Universitas Indonesia: Depok. 2012
5. Pengaruh Komposisi Biomassa Serbuk Kayu Dan Batu Bara Terhadap Performansi Pada Co Gasifikasi Sirkulasi Fluidized Bed. I Ketut Wijaya. Universitas Udayana: Bali. 2015.
6. Peraturan Presiden Nomor. 5 Tahun 2006, tentang Kebijakan Energi Nasional, 2006.
7. Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara. Kementerian ESDM RI. Jakarta: 2009.
8. Considine, D., Chemical and Process Technology Encyclopedia, Mc Graw hill book company, 1974.
9. Milne, T.A., and Evans, R.J., Biomass Gasifier "Tars": Their Nature, Formation, and Conversion, National Renewable Energy Laboratory, 1998.
10. Nikoo, M.B., and Mahinpey, N., Simulation of biomass gasification in fluidized bed reactor using ASPEN PLUS. Biomass Bioenergy, 32, 1245–1254, 2008.
11. Francois, J., Abdelouahed, L., Mauviel, G., Patisson, F., Mirgaux, O., Rogaume, C., Rogaume, Y., Feidt, M., and Dufour, A., Detailed process modeling of a wood gasification combined heat and power plant. Biomass Bioenergy, 51, 68–82, 2013.
12. Lee, J.M., Kim, Y.J., Lee, W.J., and Kim, S.D., Coal-gasification kinetics derived from pyrolysis in a fluidized-bed reactor. Energy, 23, 475–488, 1998.
13. Sharmina, B., Mohammad, G.R., Delwar, A., and David, C., An Experimental and Numerical Investigation of Fluidized Bed Gasification of Solid Waste, Energies, 7, 43-61, 2014.

ELIMINASI SENYAWA AZOBENZENE PADA LIMBAH BATIK MENGGUNAKAN NANOKATALIS $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ DAN SINAR MATAHARI

ELIMINATION AZOBENZENE COMPOUNDS OF WASTE BATIK USING NANOKATALIS $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ AND SUNLIGHT

Siti Wardiyati, Adel Fisli, dan Sari Hasnah Dewi

Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju, BATAN, Kawasan Puspipetek, Serpong, Tangerang selatan 15314

Email : siti-war@batan.go.id, adel-fisli@batan.go.id, sari hasnah@batan.go.id

ABSTRAK

Bahan nanokatalis magnetik $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ telah berhasil disintesis dengan metode gabungan yaitu presipitasi dan sol-gel menggunakan prekursor besi oksida, tetraethyl ortho silicate dan tetrabutyl orthotitanate. Untuk mengetahui kinerja katalitik bahan tersebut dilakukan eliminasi limbah batik warna orange dari PT. Roro djonggrang Yogyakarta. Limbah batik warna orange dari PT. Roro djonggrang Yogyakarta mengandung senyawa azo yang banyak digunakan oleh industri tekstil. Senyawa azo merupakan pewarna sintesis yang berbahaya bagi lingkungan, oleh karena perlu dilakukan eliminasi untuk menurunkan kandungan senyawa tersebut sebelum dibuang ke lingkungan. Parameter percobaan yang dilakukan pada penelitian ini adalah pH larutan, waktu iradiasi, jenis sinar dan dosis katalis. Dari hasil percobaan diperoleh kondisi optimal proses eliminasi limbah batik warna orange menggunakan nanokatalis magnetik $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ dicapai pada pH larutan limbah 2,0 – 4,0; waktu iradiasi sekitar 2 – 3 jam; dan dosis katalis katalis 1,0g/L. Pada kondisi tersebut bahan nanokatalis magnetik $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ mampu mengeliminasi warna orange hingga 90 %. Dari percobaan ini terbukti bahwa pengolahan limbah warna menggunakan nanokatalis magnetik $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ sangat efektif karena sederhana, praktis, dan efisien serta ekonomis karena dapat dilakukan di bawah sinar matahari langsung dan katalis dapat dipakai ulang.

Kata kunci : Limbah warna, Fotokatalitik, Katalis heterogen, $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$

ABSTRACT

Nanocatalyst magnetic $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ has been successfully synthesized by a combination of methods, namely precipitation method and sol-gel using iron oxide, tetraethyl ortho silicate and tetrabutyl orthotitanate as precursors. To determine the performance of $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ has been done in orange batik waste elimination of PT. Roro Djonggrang Yogyakarta. Orange batik waste from PT. Roro Djonggrang Yogyakarta containing azo compound, where the compound is widely used by the textile industry. Azo compound is a synthetic dye that is harmful to the environment, therefore need to be eliminated to reduce the content of the compound before being discharged into the environment. Parameter of experiments conducted on this study is the pH of the solution, irradiation time, the light type and dose of the catalyst. From the experimental results obtained optimal condition of the elimination process of orange colors using magnetic nanokatalis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ reached on waste solution pH 2.0 to 4.0; irradiation time of about 2-3 hours; and dosage of catalyst 1.0 g / L, on these conditions the nanokatalis magnetik $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ able to eliminate up to 90% orange color. From this experiment proved that the magnetic nanokatalis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ very effective for treatment of dyes because they are simple, practical, efficient and economical because it can be performed under direct sunlight and catalyst can be reused.

Keywords: Dyes, Photocatalytic, catalyst, Fe₃O₄/SiO₂/TiO₂

Diterima (received) : 28 Desember 2016, Direvisi (reviewed) : 11 Februari 2017,
Disetujui (accepted) : 02 Maret 2017

PENDAHULUAN

Permasalahan limbah merupakan permasalahan yang sangat klasik yang sampai sekarang belum bisa terselesaikan. Ada beberapa faktor yang menjadi penyebab tentang permasalahan limbah di Indonesia hingga saat ini belum bisa terselesaikan, diantaranya kesadaran bangsa Indonesia yang masih minim baik secara pribadi maupun organisasi terhadap penanganan limbah, kurangnya sosialisasi metoda pengolahan limbah yang praktis dan efektif kepada masyarakat ataupun industri, dan kurangnya mediator antara peneliti dengan industri atau masyarakat sehingga komunikasi tidak berjalan.

Metoda pengolahan limbah organik secara praktis, efektif dan ekonomis dewasa ini sedang dikembangkan baik di luar negeri maupun di dalam negeri, yaitu secara fotokatalitik dengan menggunakan bahan nanokatalis magnetik^{1,2,3}). Pengolahan limbah organik dengan proses fotokatalitik yang sedang dikembangkan diantaranya limbah rumah sakit, limbah industri tekstil, penyamakan kulit dan lain sebagainya⁴). Bahan katalis yang umum digunakan untuk mendegradasi senyawa organik adalah titanium dioksida (TiO₂). Titanium dioksida merupakan bahan katalis yang telah terbukti sangat efisien untuk mendegradasi senyawa organik, karena TiO₂ khususnya fasa anatase mempunyai ukuran kecil, luas permukaan besar dan energi gap besar sekitar 3,2 eV⁵). Bahan katalis TiO₂ mempunyai sifat terdispersi sempurna di dalam air, sehingga mempunyai kendala dalam pengambilan kembali setelah penggunaannya, oleh karena itu perlu dilakukan pencangkakan dengan bahan magnet agar dapat mempermudah pengambilan kembali setelah penggunaan bahan katalis tersebut. Bahan magnet yang dapat digunakan sebagai pencangkakan bahan katalis adalah bahan magnet yang bersifat superparamagnetik, yaitu bahan magnet yang bersifat magnet bila diberi medan magnet, dan sifat magnet tersebut akan hilang bila medan magnet dihilangkan. Bahan super paramagnetik yang cocok untuk bahan nanokatalis magnetik tersebut adalah Fe₃O₄ yang selanjutnya akan membentuk Fe₃O₄/TiO₂. Bahan magnetik Fe₃O₄/TiO₂ ini masih kurang optimal dalam mendegradasi senyawa organik karena adanya proses

disolusi elektron dari TiO₂ ke Fe₃O₄, oleh karena itu perlu ditambahkan bahan lain yang berfungsi sebagai penghalang terjadinya proses disolusi elektron. Bahan penghalang terjadinya disolusi elektron pada katalis magnetik Fe₃O₄/TiO₂ harus bisa mempertahankan efektifitas katalis TiO₂ maupun fungsi Fe₃O₄, dan relatif stabil yaitu SiO₂^{6,7}). Dengan penambahan SiO₂ pada katalis magnetik Fe₃O₄/TiO₂ akan terbentuk komposit Fe₃O₄/SiO₂/TiO₂. Proses fotokatalitik dengan nanokatalis magnetik Fe₃O₄/SiO₂/TiO₂ sama dengan proses fotokatalitik dengan TiO₂⁸), akan tetapi proses fotokatalitik dengan Fe₃O₄/SiO₂/TiO₂ dapat dilakukan dibawah sinar matahari. Hal ini dikarenakan dengan pencangkakan TiO₂ pada bahan magnet Fe₃O₄/SiO₂ panjang gelombang serapan bahan bergeser ke daerah visible, sehingga proses lebih praktis, efektif dan ekonomis.

Bahan nanokatalis Fe₃O₄/SiO₂/TiO₂ telah berhasil di sintesis dengan metode gabungan yaitu presipitasi dan sol-gel pada penelitian sebelumnya⁹) dengan spesifikasi : ukuran agglomerasi komposit Fe₃O₄/SiO₂/TiO₂ 200 nm; nilai saturasi magnetik (Ms) 22,5 emu/g; dan daerah serapan 200 – 800 nm. Untuk mengetahui uji kinerja Fe₃O₄/SiO₂/TiO₂ hasil sintesis perlu dilakukan uji katalitik bahan tersebut terhadap limbah organik. Oleh karena itu pada kesempatan ini peneliti melakukan percobaan eliminasi limbah batik warna orange yang berasal dari perusahaan batik Rorodjonggrang Yogyakarta dengan tujuan untuk menguji sifat fotokatalitik Fe₃O₄/SiO₂/TiO₂ hasil sintesis. Parameter yang diuji pada penelitian ini yaitu pH larutan, jenis sinar (UV dan matahari), dosis katalis dan waktu iradiasi.

METODOLOGI

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah TiO₂, Fe₃O₄/SiO₂/TiO₂ hasil sintesis, NaOH, H₂SO₄, limbah batik warna orange dari perusahaan Batik Rorodjonggrang Yogyakarta, dan air demin.

Peralatan yang digunakan untuk proses fotokatalitik adalah magnetik strirrer, sinar UV model pen dengan panjang gelombang 356 nm, sinar matahari, dan peralatan umum laboratorium, sedangkan peralatan analisis

yang digunakan adalah Fourier Transformation Infra Red (FTIR) Bruker Jerman untuk analisis limbah sebelum proses eliminasi dan Spektrofotometer UV-Vis Lambda25 dari Perkin Elmer untuk analisis limbah sebelum dan sesudah proses eliminasi.

Cara kerja :

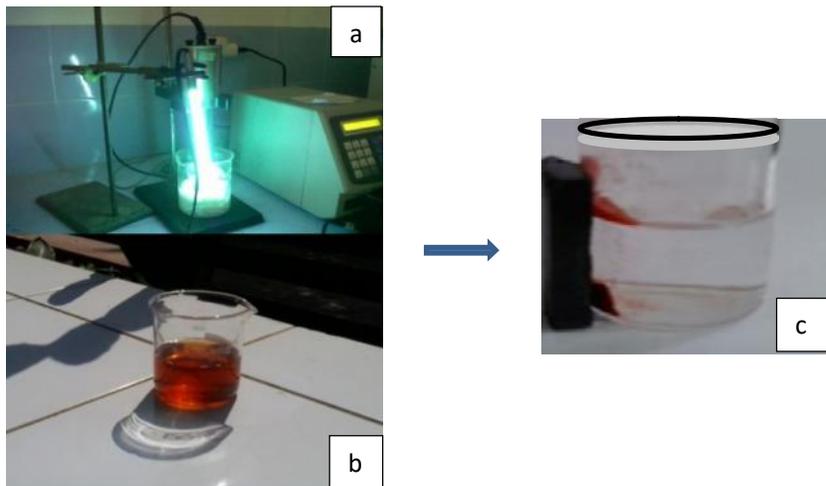
1. Analisis limbah batik

Analisis limbah batik dilakukan untuk mengetahui jenis senyawa pewarna yang terdapat pada limbah tersebut dengan menggunakan alat Spektrofotometer FTIR dan UV-Vis.

2. Uji kinerja $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$

Prosedur percobaan degradasi limbah batik warna orange oleh $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ dilakukan dengan cara limbah batik sebanyak 100 mL dimasukkan ke dalam gelas beker 500 L,

atur pH larutan limbah bervariasi dari 2, 4, 6, 8, 10, dan 12, kemudian ke dalam limbah tersebut ditambahkan nanokatalis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ sebanyak (25, 50, 75, dan 100) mg. Selanjutnya dilakukan iradiasi dengan menggunakan lampu UV model pena (lihat Gb. 1a) dan sinar matahari secara langsung dengan cara beker gelas diletakkan di ruang terbuka yang terkena sinar matahari selama (15, 30, 45, 60,75, 90, 120) menit seperti ditunjukkan pada Gambar 1b. Untuk percobaan dengan sinar matahari dilakukan pada jam 09 – 14.30 dengan suhu luar 38-40°C. Setelah proses eliminasi, katalis dipisahkan dengan magnetik permanen seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.(c). Kandungan senyawa organik yang tersisa dianalisis dengan Spektrofotometer UV-Vis Lambda25 PERKIN ELMER.



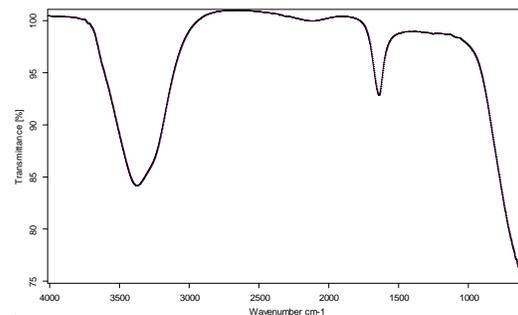
Gambar 1.

Proses fotokatalitik limbah batik oleh $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ dengan (a) sinar UV model lampu, (b) sinar matahari, dan (c) proses *recovery* katalis dengan magnet permanen

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis limbah batik menggunakan UV-Vis dan FTIR

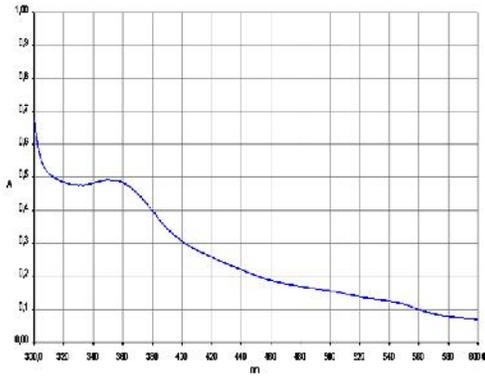
Hasil analisis limbah warna orange dari perusahaan batik Rorodjoggrang Yogyakarta menggunakan Spektro-fotometer FTIR dan UV-Vis ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3 Pada Gambar 2. terlihat adanya pita serapan pada angka gelombang sekitar 3400 cm^{-1} dan sekitar 1700 cm^{-1} . Pita serapan pada angka gelombang 3400 cm^{-1} merupakan gugus fungsional $-\text{OH}$ yang berasal dari H_2O , sedangkan pita serapan pada angka sekitar 1700 cm^{-1} menunjukkan gugus $-\text{C}=\text{O}$ dari $-\text{COOH}$.



Gambar 2.

Spektra FTIR limbah batik warna orange

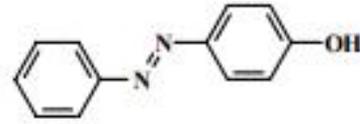
Menurut Robert dkk. serapan pada daerah 1700 cm^{-1} merupakan serapan pewarna jenis azo¹⁰⁾, dimana Zat warna azo adalah senyawa kimia xenobiotik yang mempunyai ciri-ciri struktur tidak alami dan tidak biasa ditemukan di alam. Karena tidak ditemukan di alam, maka jarang terjadi reaksi biologi dan harus dibuat sesuai dengan lingkungan.



Gambar 3. Spektrogram limbah batik warna orange dengan alat Spektrofotometer UV-Vis Lambdha25

Pada Gambar 3 di atas ditunjukkan hasil analisis limbah batik warna orange dari Perusahaan Rorodjonggrang Yogyakarta dengan menggunakan FTIR, pada gambar

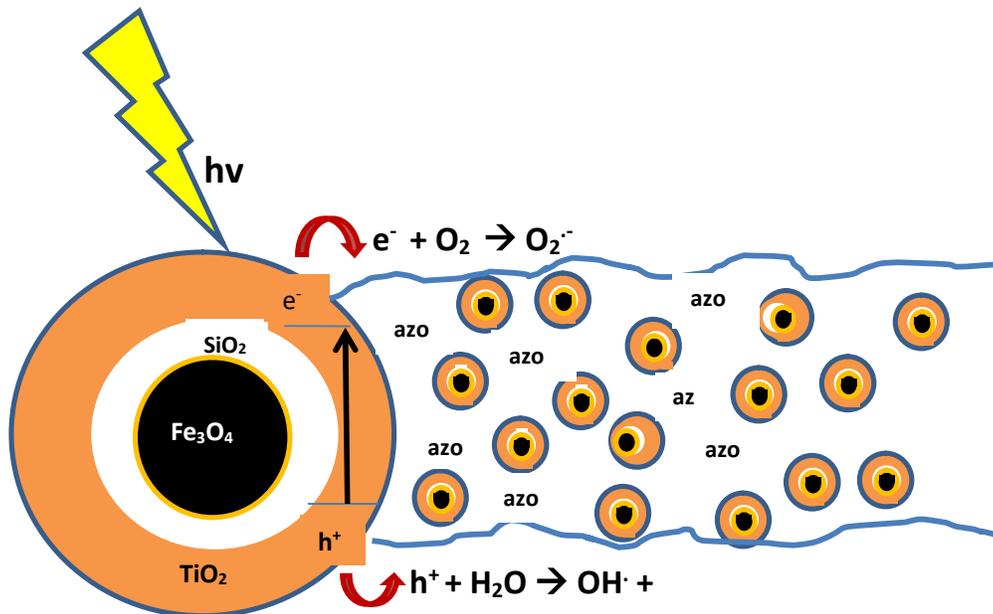
tersebut terlihat adanya puncak pada panjang gelombang 350 nm, yang mana senyawa tersebut merupakan senyawa azo. Senyawa azo yang mempunyai serapan maksimum pada panjang gelombang $\pm 350\text{ nm}$ menurut pustaka¹¹⁾ adalah azobenzene dengan struktur molekul sebagai berikut;



Dari data analisis dengan menggunakan FTIR dan UV-Vis disimpulkan bahwa senyawa yang terkandung dalam limbah batik dari perusahaan Rorodjonggrang Yogyakarta adalah senyawa azobenzene. Senyawa azo merupakan zat warna sintetis yang banyak digunakan sebagai pewarna tekstil.¹¹⁾

2. Eliminasi limbah batik warna orange

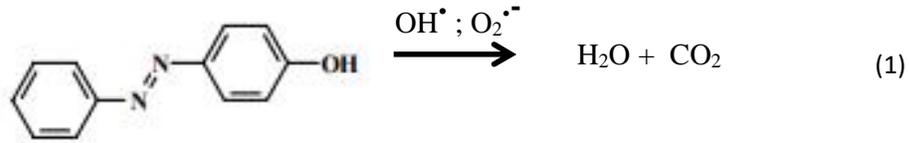
Proses degradasi senyawa azo secara fotokatalitik menggunakan bahan nanokatalis magnetik $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ dan sinar matahari dapat digambarkan seperti Gambar 4 berikut ini;



Gambar 4. pembentukan radikal bebas oleh $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ dan sinar matahari

Radikal bebas $\text{OH}\cdot$ dan $\text{O}_2\cdot^-$ yang terbentuk selanjutnya digunakan untuk mendegradasi senyawa azobenzene yang terdapat dalam limbah batik menjadi senyawa yang

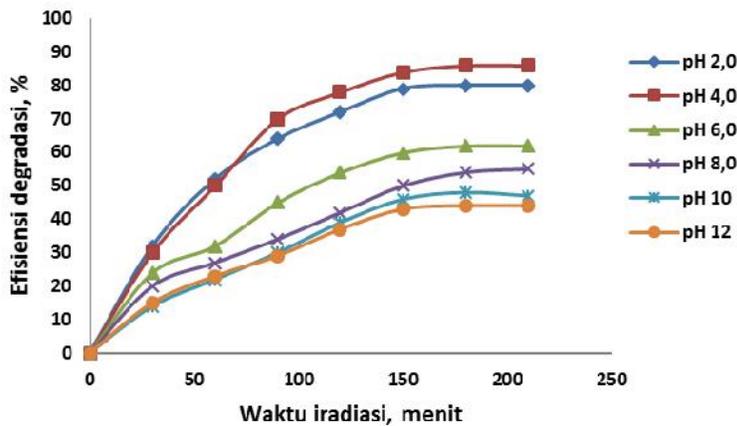
tidak berbahaya yaitu H_2O dan CO_2 mengikuti reaksi 1 berikut ini;



2.1. Pengaruh pH larutan limbah terhadap efisiensi degradasi

Keasaman atau pH merupakan salah satu faktor yang penting pada proses fotodegradasi senyawa azobenzene, karena

pembentukan radikal bebas pada proses fotokatalitik sangat dipengaruhi oleh pH larutan¹². Proses eliminasi limbah warna orange (azobenzene) oleh nanokatalis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ pada berbagai pH dengan sinar matahari ditunjukkan pada Gambar 5.

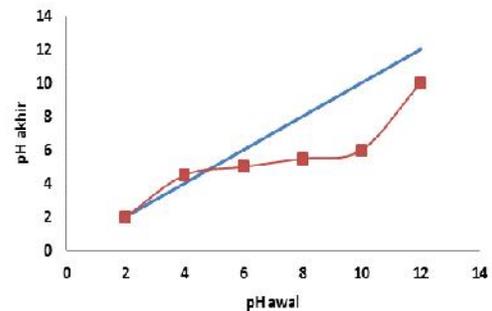


Gambar 5.

Pengaruh pH larutan limbah terhadap efisiensi degradasi

Pada Gambar 5. terlihat bahwa semakin tinggi pH larutan limbah, efisiensi degradasi semakin berkurang. pH optimum proses degradasi limbah orange dengan nanokatalis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ dicapai antara pH 2,0 – 4,0, dimana pada pH tersebut efisiensi degradasi mencapai 66 %. Nilai pH optimum proses degradasi ini dipengaruhi oleh nilai Pzc dari bahan katalis yang digunakan, Pzc atau point zero charge adalah titik temu antara kurva garis lurus pH (kurva pH awal sama dengan pH akhir) dengan kurva perubahan pH (kurva gelombang). Kurva gelombang adalah kurva perubahan pH larutan setelah digunakan untuk merendam bahan (yang diukur Pzc nya) hingga pH stabil [3]. Dari hasil percobaan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 diperoleh nilai Pzc $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ adalah 5,0. Bila nilai $\text{pH} > \text{Pzc}$ permukaan adsorben memiliki muatan negatif, dan bila $\text{pH} < \text{Pzc}$ permukaan adsorben memiliki muatan positif [13]. Melihat struktur jenis senyawa pewarna yang terkandung dalam limbah batik adalah azo benzene seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2., maka muatan

yang ada dipermukaan adalah muatan negatif (OH^-) sehingga proses degradasi akan efektif pada pH asam. Dengan demikian hasil percobaan degradasi limbah batik orange oleh $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ optimum pada pH asam telah sesuai dengan nilai Pzc dari bahan katalis tersebut.



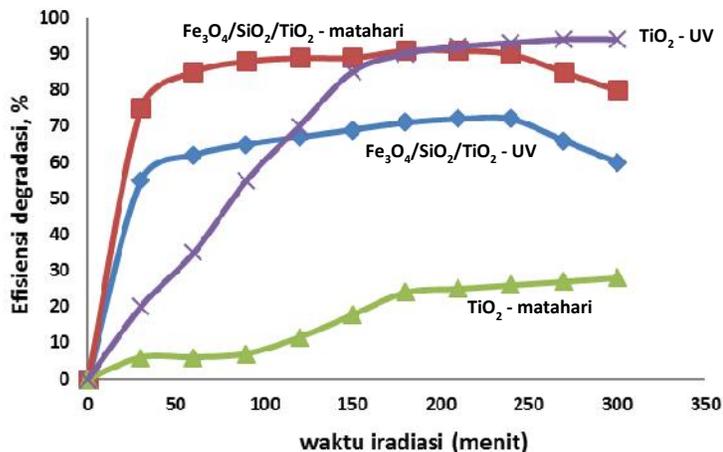
Gambar 6.

Point zero charge $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ hasil pengukuran

2.2. Pengaruh waktu iradiasi dan jenis sinar terhadap efisiensi degradasi

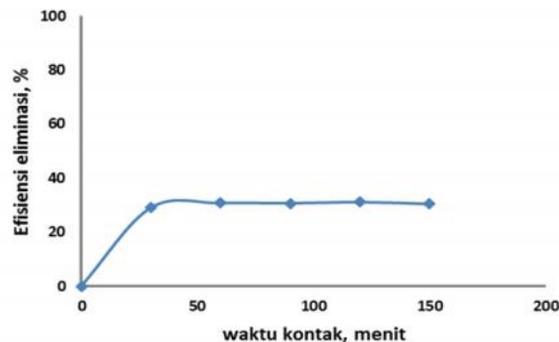
Waktu iradiasi pada proses eliminasi senyawa organik secara fotokatalitik mempunyai pengaruh yang sangat besar. Untuk mempelajari pengaruh waktu iradiasi dan jenis sinar terhadap efisiensi degradasi limbah batik warna orange, dilakukan percobaan eliminasi warna orange dengan menggunakan sinar matahari dan sinar UV.

Bahan katalis yang digunakan $Fe_3O_4/SiO_2/TiO_2$ sebagai bahan yang diuji kinerja katalitiknya dan TiO_2 sebagai pembanding. Pengaruh waktu iradiasi dan jenis sinar pada proses eliminasi limbah batik warna orange menggunakan bahan nanokatalis $Fe_3O_4/SiO_2/TiO_2$ dan TiO_2 terhadap efisiensi degradasi ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Eliminasi senyawa azobenzene oleh nanokatalis $Fe_3O_4/SiO_2/TiO_2$ dan TiO_2 dengan sinar UV dan matahari

Pada Gambar 7. terlihat bahwa pada awal penyinaran hingga 30 menit proses eliminasi senyawa azo pada limbah batik oleh nanokatalis magnetik $Fe_3O_4/SiO_2/TiO_2$ menggunakan sinar matahari maupun sinar UV efisiensi degradasi naik secara cepat, sedangkan setelah waktu penyinaran diatas 30 menit efisiensi degradasi naik secara perlahan. Kenaikkan efisiensi degradasi pada awal proses eliminasi menunjukkan bahwa pada proses eliminasi limbah warna orange menggunakan nanokatalis magnetik $Fe_3O_4/SiO_2/TiO_2$ baik dengan sinar matahari maupun UV terjadi dua (2) proses yaitu adsorpsi dan fotokatalitik. Terjadinya proses adsorpsi warna orange oleh nanokatalis magnetik $Fe_3O_4/SiO_2/TiO_2$ ini dibuktikan dengan melakukan percobaan eliminasi warna tanpa menggunakan sinar, caranya bahan katalis $Fe_3O_4/SiO_2/TiO_2$ sebanyak 50 mg dimasukkan kedalam 100 mL larutan limbah warna orange, kemudian secara periodik larutan limbah diambil untuk dianalisa kandungan senyawa azobenzene yang tersisa pada larutan tersebut. Hasil percobaan eliminasi limbah batik warna orange oleh $Fe_3O_4/SiO_2/TiO_2$ tanpa sinar ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Eliminasi senyawa azo pada limbah batik oleh $Fe_3O_4/SiO_2/TiO_2$ tanpa sinar

Gambar 8. membuktikan bahwa bahan $Fe_3O_4/SiO_2/TiO_2$ bersifat absorb terhadap warna orange, hal ini ditunjukkan karena terjadi eliminasi warna orange sekitar 30 % meskipun tanpa dilakukan penyinaran.

Pada Gambar 6. juga terlihat bahwa pada proses eliminasi warna orange oleh katalis $Fe_3O_4/SiO_2/TiO_2$ untuk waktu iradiasi (t) > 240 menit terjadi penurunan efisiensi degradasi, hal ini dimungkinkan karena $Fe_3O_4/SiO_2/TiO_2$

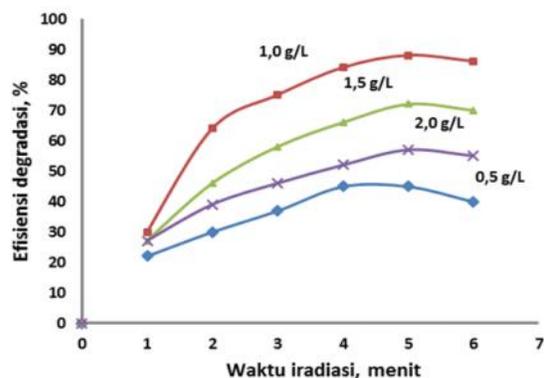
bila diiradiasi terlalu lama ($t > 240$ menit) mulai tidak stabil, karena Fe_3O_4 akan teroksidasi menjadi Fe_2O_3 sehingga senyawa azo yang tadinya terikat secara fisik oleh Fe_3O_4 terlepas kembali ke larutan limbah. Hal ini berbeda dengan penggunaan nanokatalis TiO_2 , yang mana menaikkan efisiensi degradasi dari awal penyinaran hingga akhir naik secara bertahap baik pada penggunaan sinar UV maupun sinar matahari, hal ini menunjukkan bahwa proses eliminasi warna oleh TiO_2 hanya secara fotokatalitik. Pada Gambar 7. juga terlihat bahwa proses eliminasi warna orange oleh nanokatalis TiO_2 lebih efektif di bawah sinar UV daripada sinar matahari, sedangkan pada proses eliminasi warna orange oleh nanokatalis magnetik $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ lebih efektif menggunakan sinar matahari dari pada sinar UV. Hal ini dikarenakan panjang gelombang serapan TiO_2 berada di daerah UV yaitu di bawah 400 nm [14], sedangkan serapan $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ berada di kisaran lebih luas yaitu 280 s/d 600 nm [9]. Bahan katalis yang mempunyai serapan pada panjang gelombang (λ) 400 nm proses fotokatalitik efektif di bawah sinar ultra violet (UV). Sedangkan untuk bahan katalis yang mempunyai serapan pada λ 400 nm proses katalis efektif di bawah sinar tampak atau matahari.

Pada Gambar 7 terlihat bahwa efisiensi degradasi warna orange oleh $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ maksimum 72% dengan sinar UV, 90% dengan sinar matahari, sedang kan oleh TiO_2 dengan sinar matahari efisiensi degradasi relatif kecil yaitu sekitar 25%.

Pengaruh dosis katalis terhadap efisiensi degradasi

Dosis katalis berpengaruh terhadap efisiensi degradasi, semakin banyak jumlah katalis, radikal bebas yang terbentuk semakin banyak, akan tetapi perlu diperhatikan karena terlalu banyak jumlah katalis akan terjadi penumpukan sehingga sinar yang masuk oleh bahan katalis itu sendiri. Pengaruh dosis katalis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ terhadap efisiensi degradasi limbah batik warna orange ditunjukkan pada Gambar 9.

Pada Gambar 9. terlihat jelas adanya perubahan efisiensi degradasi dengan perubahan dosis katalis. Pada mulanya menaikkan jumlah katalis akan menaikkan efisiensi degradasi, akan tetapi setelah dosis katalis melebihi 1,0 g/L limbah, menaikkan jumlah katalis tidak lagi menaikkan efisiensi degradasi akan tetapi terjadi sebaliknya. Hal ini disebabkan karena sinar yang masuk akan terhalang oleh katalis itu sendiri.



Gambar 9.

Pengaruh jumlah katalis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ terhadap efisiensi degradasi Senyawa azobenze pada limbah batik warna orange

SIMPULAN

Dari hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ sangat efektif dan praktis digunakan untuk eliminasi limbah batik, karena proses eliminasi dapat dilakukan di bawah sinar matahari langsung dengan efisiensi degradasi 90 %, waktu eliminasi relatif singkat yaitu 60 - 90 menit dan penggunaan katalis relatif sedikit yaitu 1,0 g/L limbah dan katalis bisa dipakai ulang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan terselesainya penelitian ini kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu hingga penulisan makalah ini selesai. Penelitian ini didanai dari dana DIPA 2014 dengan judul kegiatan "Optimasi pengolahan limbah dengan metoda fotokatalitik", Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir, BATAN

DAFTAR PUSTAKA

1. Rijing Wang, Xiaohong Wang, Xiaoguang Xi, Ruanbing Hu, and Guohua Jiang, Preparation and photocatalytic activity of magnetic $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ composite, *Advances in Materials Science and Engineering*, Volume 2012, article ID 409379, 8 pages.
2. Zheanghua Wang, Ling Shen, and Shiyu Zhu, Synthesis of Core-shell $\text{Fe}_3\text{O}_4@/\text{SiO}_2@/\text{TiO}_2$ Microsphere and Their Application as Recyclable Photocatalysts, *International Journal of*

3. Photoenergy, volume 2012, article ID 202519, 6 pages.
4. Sari Hasnah Dewi, Sutanto, A Fisli, and S Wardiyati, Synthesis and Characterization of Magnetized Photocatalyst $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ by Heteroagglomeration Method, *Journal of Physics: Conference Series* 739 (2016) 012113.
5. F.A. Aisien, N.A. Amenaghawon, and E.F. Ekpenisi, Photocatalytic decolourisation of industrial wastewater from a soft drink company, *Journal of Engineering and Applied Sciences* 9 (2013), 11-16.
6. Siti Wardiyati, Adel Fisli, dan Sari Hasnah Dewi, Sintesis nanokatalis TiO_2 anatase dalam larutan elektrolit dengan metoda sol-gel, *Journal Sains Materi Indonesia*, Vol. 15, No. 3, 2014 (153-157).
7. Fatimah I. Dispersi TiO_2 ke dalam SiO_2 montmorillonit : efek jenis prekursor, *Jurnal Penelitian Saintek*, Vol. 14, April 2009, pp. 41-58.
8. Music S., Filiponic – Vincekovic N., Sekovanic L., "Percitation on amorphous SiO_2 particles and their properties, *Brazilian Journal of EGINEERING*", Vol. 28, No. 01, January – March, 2011, pp. 89-94.
9. Siti Wardiyati, Uji kinerja fotokatalitik TiO_2 hasil sintesis secara sol-gel, prosiding Seminar nasional XVII "Kimia dalam Pembangunan", Hotel Phoniex Yogyakarta, 19 juni, 2014.
10. Siti Wardiyati, Wisnu Ari Adi dan Didin S. Winatapura, Pengaruh penambahan SiO_2 terhadap karakteristik dan kinerja fotokatalitik $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$, *Journal Kimia Kemasan* 2016.
11. Robert M., Silvestein, David J. Kienne, *Spectrometric Identification of Organic Coumpounds*, 7th Edition, John Wiley and Sons Inc (2005).
12. GENERAL INTRODUCTION TO THE CHEMISTRY OF DYES, IARC MONOGRAPHS VOLUME 99, <https://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol99/mono99-7.pdf>
13. Salmin S. Al-Shamali, Photocatalytic Degradation of Methylene Blue in Presence of TiO_2 Catalyst assisted solar radiation, *Australian Journal of Basic and Applied Science*, 7(4): 172-176, 2013.
14. V.Vijayakumaran, S. Arivoli, Equilibrium and Kinetic modeling on the Removal of malachite green from aqueous solution using odina wodier bark Carbon, *J. Mater. Environ. Sci.* 3 (3) (2012) 525-536.
15. Structure and Photocatalysis of TiO_2/ZnO Double-Layer Film Prepared by Pulsed Laser Deposition Lei Zhao, Maosheng Xia, Yuhua Liu, Biju Zheng, Qing Jiang and Jianshe Lian, *Materials Transactions*, Vol. 53, No. 3 (2012) pp. 463 to 468.

PERBAIKAN MANUFAKTUR PENDINGIN UDARA MESIN PEMBANGKIT JGS 420 UNTUK MENCEGAH KONTAMINASI

MANUFACTURING IMPROVEMENT OF CHARGE AIR COOLER JGS 420 GENERATOR TO AVOID CONTAMINATIONS

Amin Suhadi^a, Tomi Abdillah^b,

^aPeneliti Pada Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur, BPPT
Kawasan PUSPIPTEK, Serpong, Tangerang 15314

Tel. (021)-7560539; Fax. (021)-7560538, E-mail : aminsuhadi@gmail.com

^bProgram Pasca Sarjana Magister Teknik, Universitas Pancasila, Jl. Borobudur No.7
Telp/Fax: 021-31926047, E-mail: t.abdillah@yahoo.co.id

Abstrak

Perusahaan pembangkit listrik PT.XYZ mengoperasikan mesin pembangkit type JGS 420 dengan bahan bakar gas. Dalam proses pembuatannya digunakan bahan tembaga, namun berdampak negatif, yaitu menghasilkan kontaminasi terhadap oli yang digunakan. Karena itu perlu dilakukan perbaikan proses manufaktur untuk mencegah kontaminasi tersebut. Karena itu penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki manufaktur pendingin udara tersebut agar terhindar dari proses kontaminasi dengan memanfaatkan material tahan korosi yaitu baja tahan karat 304. Metode penelitian dilakukan dengan observasi dilapangan, pengujian olisebelum dilakukan pergantian material dan perbandingan setelah pergantian, simulasi Ansys dan evaluasi reliabilitas mesin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan material baja tahan karat sebagai sirip pendingin udara sebagai pengganti material tembaga mampu mengurangi kontaminasi tembaga sehingga pemakaian pelumas lebih efisien.

Kata kunci : manufaktur, pendingin, pembangkit

Abstract

Power energy company PT.XYZ is operating power generator JGS 420 type with gas fuel. Copper was used to build charge air cooler, but negative effect has appeared during operation, it has contaminated oil that was used. Therefore, the development of manufacturing is needed to avoid this contamination. The aim of this research is to improve manufacturing process to protect against contamination by implementing 304 stainless steel for air cooler fin. Research method was conducted by insitu observations, lubrication analysis both before replacing Cu with stainless steel and after replacing, simulations using Ansys and machine reliability monitoring. Experimental result indicates that replacing Cu by stainless steel on manufacturing of fin air cooler could reduce contaminants content significantly, therefore efficiency of oil lubricants was increased.

Keywords: manufacture, cooler, generator

Diterima (received) : 20 Februari 2017, Direvisi (reviewed) : 13 Maret 2017,
Disetujui (accepted) : 05 April 2017

PENDAHULUAN

Keberlangsungan operasional mesin dalam suatu sistem produksi memiliki peran

yang sangat penting dalam rangka menunjang pemenuhan target perusahaan. Periode waktu mesin tidak operasi diluar jadwal pemeliharaan menjadi masalah serius

yang dapat mengganggu sistem produksi¹⁾. Perusahaan pembangkit listrik mesin Diesel gas berbahan natural gas yang memproduksi daya listrik menghadapi berbagai macam tantangan dalam pengoperasian mesin diantaranya adalah sistem pelumasan yang tidak efisien, terjadinya kebocoran pelumas, kontaminasi pelumas dan penguapan pelumas membuat konsumsi pemakaian pelumas meningkat²⁾.

Data spesifikasi mesin gas Diesel JGS 420 :

Merek	: GE Jenbacher
tipe	: JGS 420
jumlah silinder	: 20 silinder
bahan bakar	: gas alam
putaran mesin	: 1500 rpm
daya dihasilkan	: 1,14 MW
volume pelumas	: 457 liter
waktu pergantian	: 2000 jam
penambahan pelumas	: 2 liter/hari,
konsumsi pelumas	: 0,2 gr/kwh,
jenis pelumas	: Mobil Pegasus P1005.

Mesin gas Diesel kategori mesin putaran tinggi (*high speed*) memiliki life time pelumas rata-rata dapat bertahan hingga 2000 jam. Secara aktual umur pelumas dipengaruhi oleh kualitas pelumas, performa mesin dan pola operasional mesin sehingga pergantian pelumas diluar jadwal tidak dapat terjadi. Parameter untuk menentukan pelumas yang dipakai mesin masih layak untuk digunakan ataukah tidak melalui metoda yang disebut *used oil analisis* (UOA) di laboratorium. Uji *used oil analisis* (UOA) di laboratorium sangat dibutuhkan untuk menunjang perawatan berkala (*predictive maintenance*) sehingga dapat dilakukan tindakan pencegahan (*preventif*) untuk mengantisipasi periode waktu mesin tidak operasi (*down time*) diluar jadwal pemeliharaan (*maintenance*). Disamping itu dapat memantau kondisi operasi mesin dan menjaga kinerja mesin agar tetap dapat berjalan dengan optimal.

Pendingin udara (*charge air cooler*) sangat dibutuhkan oleh mesin gas Diesel untuk menghasilkan daya yang optimal. Udara yang dikompresikan oleh *turbine turbo charger* dengan tekanan tinggi mengakibatkan temperatur udara meningkat sehingga dibutuhkan pendingin udara untuk mendinginkan udara sebelum udara masuk ke dalam ruang bakar. Pendinginan sendiri merupakan system yang diperlukan oleh mesin diesel untuk menjaga komponen-komponen mesin mengalami transfer panas yang tinggi. Terutama komponen yang bersinggungan langsung dengan gas hasil

pembakaran memerlukan pendingin, media pendinginannya dapat berupa oli maupun air³⁾.

Piston, *main bearing*, *crank pin bearing*, *small pin bearing*, *bushing rocker arm*, *injector* dan bearing merupakan komponen-komponen dari mesin diesel yang didinginkan oleh media oli. Sedangkan bagian luar dari *silinder liner*, jaket *silinder head*, jaket *turbocharger* dan *intercooler* merupakan komponen-komponen dari mesin diesel yang didinginkan oleh media air. Material yang digunakan untuk elemen pendingin adalah material dengan daya hantar yang tinggi. Umumnya menggunakan bahan tembaga, ada juga yang menggunakan bahan alumunium dengan pertimbangan harga yang jauh lebih murah. Akan tetapi bahan tembaga akan menghasilkan efisiensi pendinginan yang lebih besar dari pada elemen yang menggunakan bahan dari alumunium. Konstruksi dari sistem pendingin tersebut terdapat sirip-sirip (*fin*) tipis yang dipasang sepanjang saluran. Bentuk dari sirip tersebut dipilih karena berfungsi untuk memperluas permukaan dan memperbanyak kontak dengan media sehingga perpindahan panas lebih banyak terjadi. Selain itu sirip-sirip ini juga digunakan sebagai perekat di antara saluran-saluran⁴⁾.

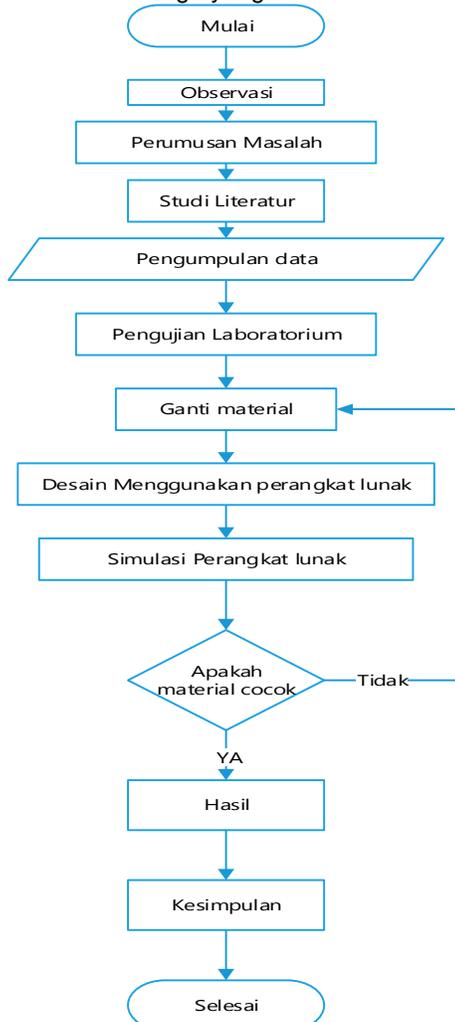
Beberapa hal yang mempengaruhi kinerja alat pendingin udara (*charge air cooler*) antara lain :

- Temperatur udara masuk yang telah bercampur dengan bahan bakar gas.
- Kelembaban (*humidity*) yang menyebabkan proses kondensasi
- Kotoran debu
- Laju aliran perpindahan kalor.

BAHAN DAN METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode teoritis, analisis dan pengembangan. Kajian secara teoritis penjelasan utama fenomena atau data dikembangkan, diusulkan dan diuraikan. Untuk mendapatkan parameter-parameter utama dalam *charge air cooler* dengan berbagai sumber literatur baik berupa buku pedoman maupun jurnal. Pendekatan secara analisis dilakukan dengan pengamatan (*visualisasi*) kinerja operasional *charge air cooler* dan pengambilan data operasional harian yang dikoleksi dan diteliti dijadikan petunjuk penelitian. Material yang dipilih adalah baja tahan karat 304 (*Stainless steel*) dengan pertimbangan unjuk kerja

perpindahan panasnya, serta kemudahan fabrikasi dan harga yang tidak mahal.



Gambar 1.
Diagram AlirPercobaan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari rangkaian tahapan penelitian seperti yang diutarakan dalam gambar 1 dan setelah dilakukan pengujian, simulasi dan analisa, serta pengamatan, maka didapat hasil-hasil yang dapat di lihat pada tabel 1 dan 2 serta pada gambar 2 sampai gambar 12.

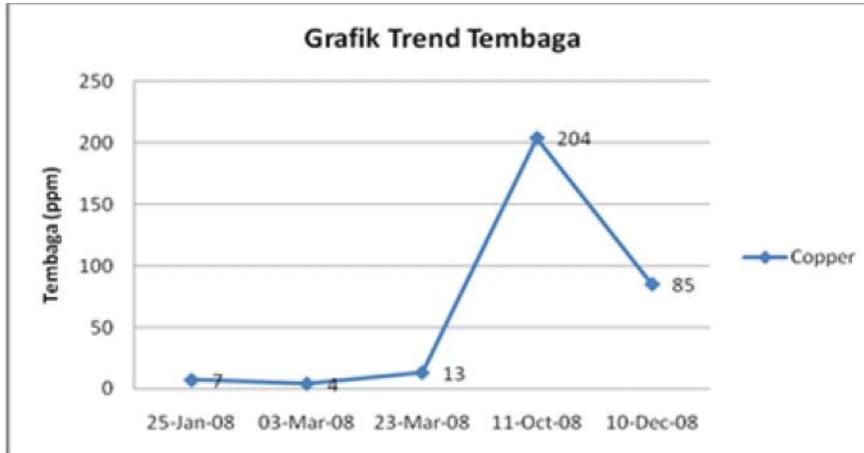
Berdasarkan latar belakang masalah penelitian yang telah diutarakan pada pendahuluan maka dari hasil pengujian diharapkan dapat diketahui perbedaan dan perbandingan material pendingin udara (*charge air cooler*) dari bahan tembaga dengan material pendingin udara (*charge air cooler*) dari material baja tahan karat (*Stainless steel*) serta pengaruhnya terhadap tingkat kontaminasi.

Hasil Pengujian Used Oil Analysis (UOA)

Hasil Pengujian *Used Oil Analysis* (UOA) Sebelum Dilakukan Pergantian Material Tembaga (Cu) dapat dilihat pada Tabel 1. TBN adalah jumlah total kandungan larutan basa (*Total Base Number*) sedangkan TAN adalah jumlah total kandungan asam (*Total Acid Number*). Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa pada pemakaian bahan tembaga sebagai pendingin menghasilkan kontaminasi tembaga yang cukup besar.

Tabel 1.
Data Pengujian *Used Oil Analysis*

Tanggal Sampel	Masa Pakai Oli	Viscositas 100 °C (cSt)	TBN (mg.KOH)	TAN (mg.KOH/g)	Air (ppm)	Besi (ppm)	Tembaga (ppm)
Oli Baru	0	13.0	4.5	4.5	0	0	0
25-Jan-08	1313	14.8	3.10	3.01	0	13	7
03-Mar-08	2187	14.1	3.92	1.77	0	5	4
23-Mar-08	2659	15.70	3.13	0.73	0	4	13
11-Oct-08	1390	14.00	3.05	1.67	0	15	204
10-Dec-08	636	14.00	6.22	4.77	0	8	85



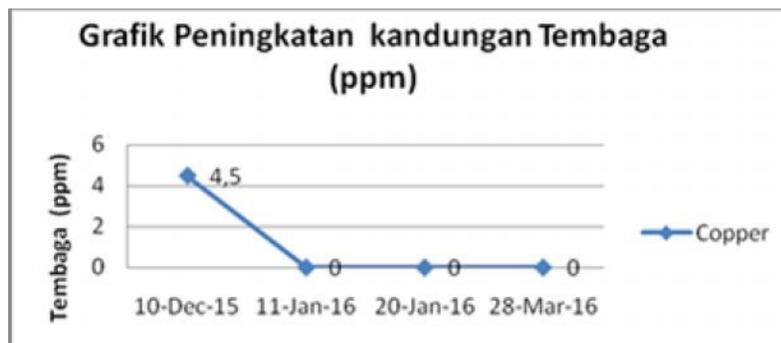
Gambar 2. Grafik Peningkatan Kontaminasi Tembaga (Cu)

Grafik pada Gambar 2 menunjukkan bahwa pelumas yang digunakan mengalami kontaminasi partikel padat tembaga (Cu). Nilai partikel tembaga dari waktu ke waktu selama periode pengujian *used oil analysis* (UOA) mengalami peningkatan melampaui dari limit maksimal yang diijinkan. Awalnya kontaminasi partikel tembaga sebesar 13 (ppm) lalu meningkat menjadi 204 (ppm) lalu menurun menjadi 85 (ppm). Partikel logam yang terkontaminasi ke dalam pelumas akan

mempengaruhi kinerja mesin karena bisa terjadi gesekan antara dua benda metal antar permukaan logam (*metal to metal contact*) yang bergerak^{1,5,6}. Keausan abrasif dapat terjadi bila suatu partikel keras dari material tertentu meluncur pada permukaan material lain yang lebih lunak sehingga terjadi penetrasi atau pemotongan material yang lebih lunak.

Tabel 2. Hasil Pengujian *Used Oil Analysis* (UOA) Setelah Dilakukan Pergantian Material Baja Tahan Karat (*Stainless Steel*)

Tanggal Sampel	Masa Pakai Oli	Viscositas 100 °C (cSt)	TBN (mg.KOH)	TAN (mg.KOH/g)	Air (ppm)	Besi (ppm)	Tembaga (ppm)
Oli Baru	0	13.0	5	0	0	0	0
10-Dec-15	1484	14.8	4.6	2.69	0	1	0
11-Jan-16	885	14.1	2.09	1.95	0	0	0
20-Jan-16	910	14.2	2.5	2.30	0	1	0
28-Mar-16	143	13.3	5.2	2.30	0	1	0



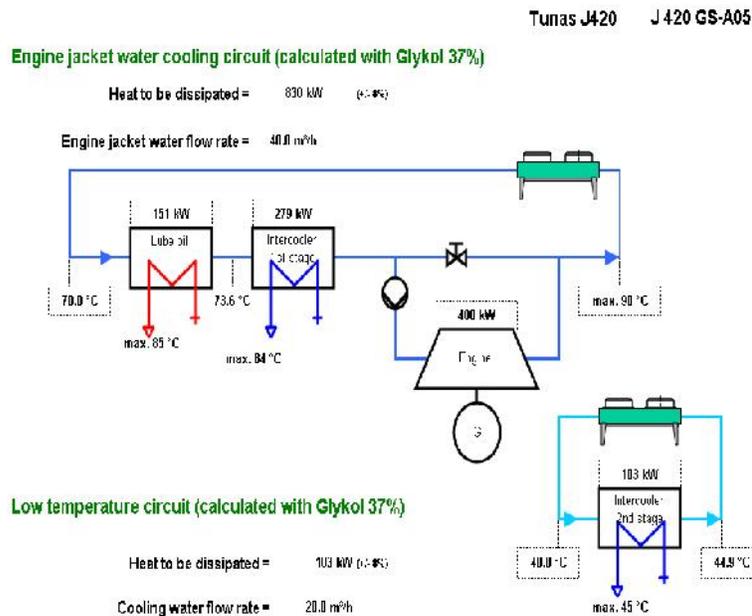
Gambar 3. Grafik Peningkatan Kontaminasi Tembaga (Cu)

Grafik pada Gambar 3 menunjukkan bahwa setelah dilakukan pergantian material pendingin udara (*charge air cooler*) dari tembaga menjadi baja tahan karat pelumas tidak lagi mengalami kontaminasi partikel padat tembaga (Cu). Nilai partikel tembaga menunjukkan nol. Hal ini menunjukkan bahwa sumber kontaminasi partikel tembaga yang terdapat didalam pelumas bersumber

dari material sirip pendingin udara (*charge air cooler*) yang mengalami korosi.

Perhitungan Perpindahan Panas (Heat Transfer)

Perhitungan dan Efektivitas Penukar Kalor Fin Tembaga



Gambar 4.
Diagram Alir Proses Pendingin Mesin JGS 420

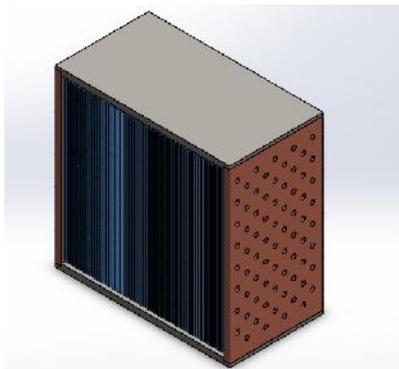
Pada tahap pertama udara akan bertemu dengan satu buah *heat exchanger* dengan konfigurasi *plate fin* dan memiliki fluida servis *chilled water*. Kedua buah *heat exchanger* tersebut dirangkai seri dalam sebuah tangki bertekanan^(2,7,8).

Setelah model Charge Air Cooler (CAC) yang digambar menggunakan perangkat lunak Solidworks, model pada gambar 5. tersebut di import ke perangkat lunak Ansys.

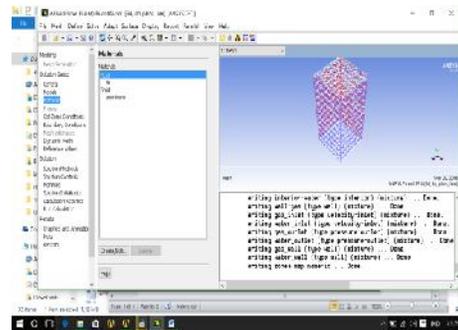
Pengujian dengan Simulasi Ansys Heat Exchanger Fin Tembaga dan Stainless Steel

Simulasi Program Ansys

Berdasarkan data fisik *heat exchanger*, perhitungan perpindahan panas *fin charge aircooler* dan laju aliran massa air didapat data untuk membuat simulasi program Ansys.

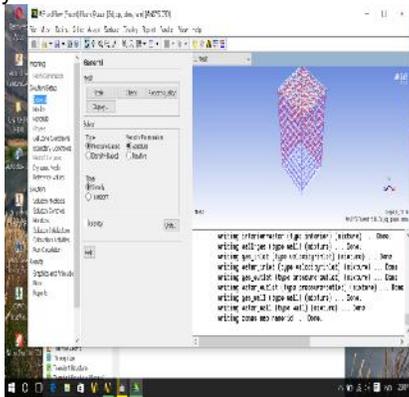


Gambar5.
Model 3D Charge Air Cooler dengan Solidworks



Gambar6.
Proses Pemasukan Data Pada Perangkat Lunak Ansys

Pada proses ini data-data yang diketahui dari hasil penelitian dan data perhitungan dimasukkan kedalam perangkat lunak Ansys.

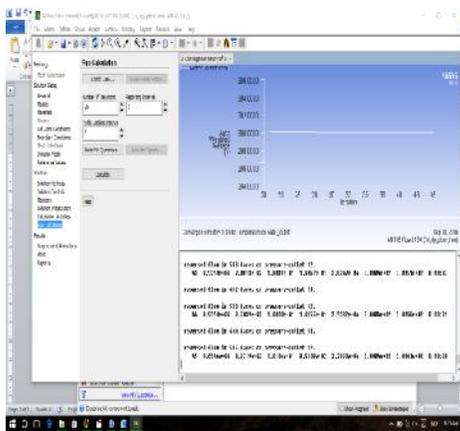


Gambar7.
Proses Pemasukan Data

Pada gambar 7 proses pemasukan data material *charge air cooler* (CAC) baik tembaga (*copper*) maupun baja tahan karat (*stainless Steel*) pada perangkat lunak Ansys. Dimana properties dari material diambil dari referensi material yang ada di perangkat lunak Ansys^{4,9,10}.

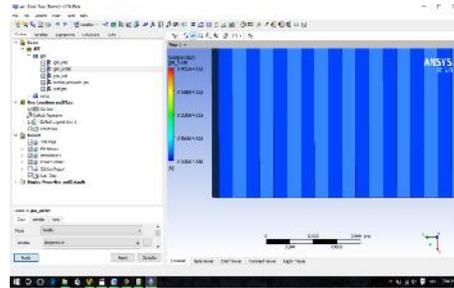
Hasil Simulasi Ansys sirip (fin) Material Tembaga

Pada Gambar 8, terlihat hasil simulasi menggunakan tembaga, temperatur tembaga mengalami kondisi yang stabil, dimana suhu tembaga mencapai 300°K (26.85°C). Namun dari sisi lain terjadi korosi ketika terjadi perubahan temperatur pada tembaga yang berasal dari udara panas sebesar 150°C yang bertemu air dengan suhu 25°C.



Gambar8.
Grafik Temperatur Pada Sirip (Fin) Charge Air Cooler Bermaterial Tembaga

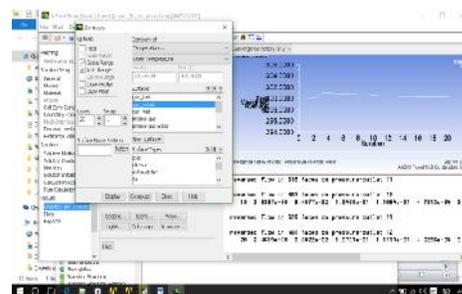
Begitu juga dengan kontur temperatur pada sirip (*fin*) pendingin udara (*charge air cooler*) bermaterial tembaga berada pada temperatur sekitar 300°K (26.5°C) hampir disemua sirip (*fin*) pendingin udara (*charge air cooler*) dengan nilai maksimal sebesar 395°K (121.85°C) seperti yang terlihat pada Gambar 9.



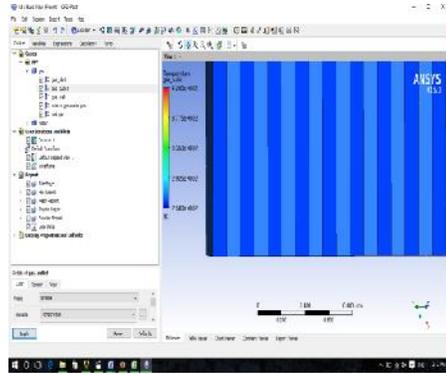
Gambar9.
Kontur Temperatur Pada Fin (Sirip) Pendingin Udara (Charge Air Cooler) Bermaterial Tembaga

Hasil Ansys Sirip (fin) Material Baja Tahan Karat (Stainless steel)

Pada material baja tahan karat (*Stainless steel*) terjadi kenaikan temperatur mencapai 301°K (27.85°C) pada iterasi ke-2 namun mulai mengalami keadaan stabil seperti yang terlihat pada Gambar 10. Dari sisi temperatur, material baja tahan karat (*Stainless steel*) mengalami kenaikan suhu, namun tidak mengalami signifikan. Disisi lain material sirip (*fin*) yang berbahan baja tahan karat (*Stainless Steel*) tidak mengalami korosi^{11,12}.



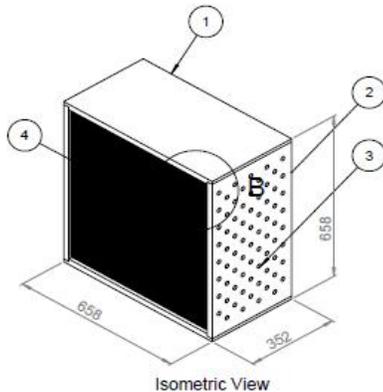
Gambar10.
Grafik Temperatur Pada Siri (fin) pendingin udara (charge air cooler) Bermaterial Baja Tahan Karat (Stainless steel)



Gambar 11
Kontur Temperatur Pada Sirip (*fin*) pendingin udara (*charge air cooler*) bermaterial Baja Tahan Karat (*Stainless steel*)

Pada material baja tahan karat (*stainless steel*) terjadi peningkatan suhu pada bagian sirip (*fin*), namun masih bisa dipakai untuk menggantikan material tembaga^{13,14,15}. Diketahui bahwa terjadi nilai temperatur maksimal sebesar 420°K (146.85°C) seperti yang terlihat pada Gambar 11.

Gambar Desain Pendingin Udara (Charge Air Cooler) Mesin Gas JGS 420 Dengan Solid Work



Gambar 12
Gambar Komponen Utama *Charge AirCooler* (CAC)

Keterangan Gambar

1. *Top bottom plate*
2. *Side plate*
3. *Pipa*
4. *Sirip (fin)*

SIMPULAN

Dari hasil penelitian perbaikan proses manufaktur dengan pemanfaatan material baja tahan karat (*stainless steel*) sebagai pendingin udara (*charge air cooler*) pada

mesin gas JGS 420 maka diperoleh simpulan sebagai berikut.

Pemanfaatan material baja tahan karat (*Stainless steel*) sebagai pengganti material tembaga sebagai sirip pendingin udara (*charge air cooler*) dapat mengurangi kontaminasi dan mewujudkan efisiensi umur (*life time*) pelumas. Berdasarkan pengujian *used oil analysis* (UOA) Signum Exxon mobil di Melbourne Australia tanggal 22 Desember 2015, tanggal 19 January 2016, tanggal 27 January 2016 dan tanggal 5 April 2016 hasilnya menunjukkan tidak terdapat kandungan tembaga (cu).

Selanjutnya, kontaminasi partikel *copper* (Cu) didalam pelumas mesin gas JGS 420 melebihi ambang batas yaitu 204 (ppm). Sumber kontaminasi berasal dari sirip-sirip pendingin udara (*charge air cooler*). Sebelum udara masuk ke dalam ruang bakar untuk proses pembakaran bahan bakar gas maka udara didinginkan melalui pendingin udara (*charge air cooler*) dengan media air yang terdapat didalam pipa-pipa pendingin udara. Pendingin udara (*charge air cooler*) memiliki 2 tingkatan (*double stage*). Tingkatan pertama temperatur air masuk 70 °C dan tingkatan kedua temperatur air 47 °C

Selain itu, proses pendinginan udara dari temperatur 150 °C menjadi 50 °C mengakibatkan proses kondensasi pada permukaan *fin charge air cooler* sehingga lambat laun menjadi korosif^{16,17}.

Kemudian, desain gambar *charge air cooler* menggunakan Solid works 2014 dengan dimensi *charge air cooler* mengikuti dimensi pembuat mesin (*engine maker*) yaitu : P x L x T = 658 mm x 658 mm x 352 mm. Diameter luar pipa didalam pendingin udara (*charge Air Cooler*) : 0,625 x 25,4 mm, Diameter luar pipa didalam pendingin udara (*charge Air Cooler*) : 0,527 mm.

Dari program simulasi Ansys diperoleh bahwa temperatur keluar (*out put*) pendingin udara (*charge air cooler*) yang terbuat dari material baja tahan karat (*stainless steel*) tidak berbeda jauh dengan material tembaga. Temperatur udara setelah melewati pendingin udara dengan material tembaga adalah 50 °C, sedangkan temperatur setelah melewati pendingin udara dengan material baja tahan karat adalah 60 °C.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ka B2TKS danketua program Pasca Sarjana Magister Teknik Universitas Pancasila atas segala bantuan dan

dorongan sampai terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Jhon R.Heywood, *Internal combustion Engine fundamentals*, Mc Graw Hill, 1988.
2. Wiranto Arismunandar, *Penggerak Motor Bakar Torak*, edisi ke empat, *Internal Combustion Engine* penerbit ITB, 1988.
3. GE Jenbacher, *JGS 420 Manual Book*, 2007 .
4. Ramesh K.Shah dan Dusan P.Sekulik, *Fundamentals of Heat Exchanger Design*, John wiley and sons inc, New Jersey, 2003.
5. Philip A.Schweitzer, P.E, *Metallic Materials Physical, Mechanical And Corrosion Properties*, Marcell Dekker inc, 2003.
6. Amimul Ahsan, *Evaporation, Condensation And Heat Transfer* , Intech Croatia, 2011
7. Benjamin Valdez Salas, *Jurnal Copper Corrossion by Atmospheric Pollutants in The Electroic Industry*, Engineering Institute, Autunomous University of Baja California, August 23 2013.
8. *Material Science Volume 1 of 2*, U.S Department of Energy, Washington DC, 1993
9. CRC Handbook of Lubrication, *Theory And Practice of Tribology*, Volume II, General Electrict Company, New york 1983.
10. Charles Fayette Taylor, *The Internal Combustion Engine in Theory and Practice*, Volume 1 2nd edition, The MIT press Cambridge Massachussetts.
11. H.N Gupta, *Fundamentals of Internal Combustion Engine*, second edition, PHI learning PVT.Ltd, 2012.
12. Gamesan V, , Tata Mc Graw hill, 2003.
13. Pierre R.Roberge, *Handbook of Corrosion Engineering*, Mc Graw Hill, 1999
14. Robert Scott, Lloyd Iougnier, *Practical Handbook Machinery Lubrication*, Noria corporation, 2012.
15. Ashby, M.F, *Materials Selection in Mechanical Design*, Butterworth, Oxford, 2006.
16. Friterm A.S, *Technical Document, Research & Development Department, Charge Air Cooler (CAC)*, 2006
17. Adrian Bejan dan Allan D Kraus, *Heat Transfer Handbook*, Jhon Willey & Sons Inc, 2003.

JUDUL MAKALAH UNTUK MAJALAH PENGAJIAN INDUSTRI

(DALAM Bhs. INDONESIA & INGGRIS CENTER, HURUF Arial-14)

Sub Judul Ditulis Disini (Dari sini kebawah gunakan Arial12)

Nama Penulis (center, dari sini ke bawah Arial 10)
Tempat & alamat bekerja, telepon/fax, e-mail.

Nabila^a, Farhan^{b,c}

^a Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Kalbar, Jl.Kapuas no.6, Pontianak 78112.
e-mail : nabila_g@yahoo.com

^b Laboratorium Teknologi Proses, Deputi Bidang TIRBR, BPPT.

^c Dosen Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Depok, Depok
e-mail : farhan_i@yahoo.com

Abstract

(Dalam bahasa Indonesia dan Inggris)

Disini anda diminta untuk menjelaskan hal yang telah dilakukan, hasil utama dan kesimpulan makalah saudara secara jelas dan singkat dalam bahasa Inggris. Jumlah kata tidak lebih dari 200 kata. (Jarak tulisan kesisi kiri 5 cm dan kesisi kanan 4,5cm, ditulis 1 spasi, italic) Abstrak ditulis dalam bahasa Indonesia & bahasa Inggris.

Kata kunci : Zeolit, Sedementasi. Dekantasi, Kalsinasi

PENDAHULUAN

Format utama terdiri atas 2 kolom. Buka page set-up dan diset : Top 1,1", bottom 0,8", inside 1,2", outside 1", gutter 0", header 0,7" dan footer 0,5". Serta jarak kolom 1 cm. Tulisan dalam Microsoft Word, 1 spasi. Tuliskanlah latar belakang, penjelasan mengenai penelitian terkait, yang telah lebih dahulu dipublikasikan.

Selain itu jelaskan hal-hal yang spesifik dan khusus dalam penelitian anda. Kutipan dari references atau daftar pustaka dibuat dengan **tanda¹⁾**, dengan 1 menunjukkan nomor dalam daftar pustaka. Istilah dalam bahasa asing dan simbol matematika ditulis dengan huruf miring.

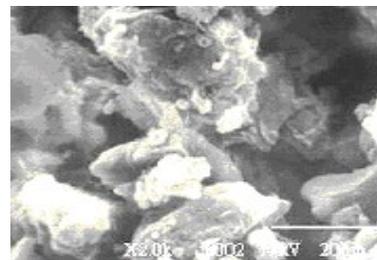
BAHAN DAN METODE

Tabel, gambar dan rumus dibuat seperti contoh dibawah ini disertai dengan penjelasannya

Tabel 1.
Data Analisis XRD Sampel Zeolit

2 θ	d space (Å)	Intensity
21.68	4.10	846.667
22.00	4.04	1293.330
23.02	5.03	11053.330

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian



Gambar 4.
Foto SEM Zeolit

$$ax^2 + bx + c = 0 \quad (1)$$

Catatan : Tabel dan Gambar dapat juga dibuat memenuhi seluruh lebar halaman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Judul Bab 3 ini dapat dipisahkan menjadi dua judul pasal, yaitu :

HASIL PENELITIAN PEMBAHASAN

Dapat juga berisi sub-sub judul yang relevan dengan penelitian yang dilakukan.

SIMPULAN

Simpulan (*conclusion*), hasil menyimpulkan berupa pendapat yang diperoleh setelah membahas sesuatu hal dalam bentuk narasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih berisi kepada siapa ucapan terimakasih disampaikan (sumber pendanaan) maupun instansi atau institusi yang membantu kelancaran penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Pengacuan pustaka 80% terbitan 10 tahun terakhir dan 80% berasal dari sumber acuan primer (jurnal). minimal 10 referensi.

1. Hens, S., Rosjidi, M., *Proses Pemurnian Zeolit Alam*, Majalah Pengkajian Industri, , No. 21, 2003, p23.
2. Grobert P.S, W.S. Mortier, E.F. Vamsart and G. Schulz-Ekloff, *Studies in Surface Science and Catalysis*, Innovation in zeolite materials science, vol.37, Elsevier, Netherland, 2002.
3., [http: // www. mathey. ch/ fileadmin / user - upload / fichetechnique /EN/CuZn28.pdf](http://www.mathey.ch/fileadmin/user_upload/fichetechnique/EN/CuZn28.pdf), diakses Agustus 2009.