

DESAIN ALAT PENANGKAP GAS METHAN PADA SAMPAH MENJADI BIOGAS

Murjito¹

¹ Fakultas Teknik, Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Malang
Alamat Korespondensi :Kandianala V 15M No.15 Sekarpuro Sawojajar II Pakis Malang
Telpon : 0341-710440

ABSTRACT

Methane capture is very helpful in the development of garbage recycling system to be produced into bio gas as a substitute for gasoline (petrol), which lately has been difficult to find.

This study aimed to design a methane capture waste, low cost and good performance made of plastic polyethylene for a small scale. This research design produces methane capture-based plastics polyethylene with the following specifications: biodigester with a total volume of 11 m³, 8.8 m³ of wet volume, processing time 40 days, fulling material 220 kg / day, total area 18 m², and has a gas reservoir with dimensions of 4.6 m height, diameter of 0.954 m, the effective volume of 2.5 m³.

Keywords: Design, alternative energy, biogas, methane

PENDAHULUAN

Sampah pada dasarnya merupakan suatu bahan yang terbuang atau dibuang dari suatu sumber hasil aktivitas manusia maupun proses-proses alam yang tidak mempunyai nilai ekonomi, bahkan dapat mempunyai nilai ekonomi yang negatif karena dalam penanganannya baik untuk membuang atau membersihkannya memerlukan biaya yang cukup besar.

Masalah yang sering muncul dalam penanganan sampah kota adalah masalah biaya operasional yang tinggi dan semakin sulitnya ruang yang pantas untuk pembuangan. Sebagai akibat biaya operasional yang tinggi, kebanyakan kota-kota di Indonesia hanya mampu mengumpulkan dan membuang 60% dari seluruh produksi sampahnya. Dari 60% ini, sebagian besar ditangani dan dibuang dengan cara yang tidak saniter, boros dan mencemari

Untuk mendapatkan tingkat efektifitas dan efisiensi yang tinggi dalam penanganan sampah di kota maka dalam pengelolaannya harus cukup layak diterapkan yang sekaligus disertai upaya pemanfaatannya sehingga diharapkan mempunyai keuntungan berupa nilai tambah. Untuk mencapai

hal tersebut maka perlu pemilihan cara dan teknologi yang tepat, perlu partisipasi aktif dari masyarakat sumber sampah berasal dan mungkin perlu dilakukan kerjasama antar lembaga pemerintah yang terkait.

Solusi alternatif memanfaatkan sampah adalah memanfaatkan gas metan menjadi bahan bakar alternatif pengganti minyak tanah atau elpiji yaitu menjadi biogas. Biogas (mengandung metana atau CH₄) adalah sumber energi berharga yang harus dimanfaatkan.

Penelitian ini bertujuan memperoleh desain alat penangkap gas metan dari sampah yang selama ini sebagai sumber masalah dinegeri kita ini menjadi energi alternatif yang bisa dimanfaatkan sebagai biogas sebagai pengganti minyak tanah. Desain alat ini diharapkan, sebagai solusi untuk mengatasi kekurangan energi, terutama mengurangi subsidi BBM. Desain yang dimaksud adalah berupa gambar teknik lengkap dari gambar masing-masing komponen dan elemen gambar assembling dilengkapi dengan informasi bahan dan spesifikasinya. Penelitian ini dirancang dalam 4 tahapan besar, dengan tujuan tahap 1) Memperoleh desain teknis alat penangkap gas metan . Tahap 2) Menguji performa prototype (analisa hasil gas dan

nilai bakar gas), Tahap 3) Menguji Hasil gas metan yang dikeluarkan oleh alat dengan penambahan sparator terhadap kualitas gas., Taha[4) Aplikasi alat dan produksi gas di Tempat Pembuangan Akhir Di TPA Supit urang.

Dalam penelitian ini digunakan metode Pahl & Beitz yang sekalipun sederhana tetapi efektif digunakan dalam penelitian pendahuluan. Metode ini memiliki 4 fase utama yaitu: 1.) Perencanaan dan penjelasan tugas, yang merupakan inventarisasi lanjut atas syarat, kebutuhan, keinginan dari produk yang dirancang.; 2.) Perancangan konsep produk, untuk menunjukkan bahwa prinsip kerjanya; Perancangan bentuk produk (embodiment design); dan Perancangan detail. Setiap fase proses perancangan berakhir pada hasil fase, Hasil setiap fase tersebut kemudian menjadi masukan untuk fase berikutnya dan menjadi umpan balik untuk fase yang mendahului. Yang berarti bahwa hasil fase setiap saat dapat berubah oleh umpan balik yang diterima dari hasil fase-fase berikutnya.

METODELOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan metode rekayasa (suatu kegiatan rancang bangun) yang tidak rutin, sehingga di dalamnya terdapat kontribusi baru, baik dalam bentuk proses maupun produk/ prototipe

Konsep desain yang merupakan solusi dari masalah perancangan yang harus dipecahkan, berupa gambar teknik atau gambar skema yang sederhana, tetapi telah memuat semua fungsi yang diperlukan. Fungsi yang perlu ditambah atau diperbaiki dari desain adalah pengembangan prototype . Hal penting yang menjadi tambahan dalam penelitian ini adalah mudah dioperasikan, aman bagi kesehatan, ergonomis, ramah lingkungan dan mudah perawatannya

Perancangan meliputi rancangan fungsional untuk menentukan fungsi dari komponen utama alat penangkap gas metan dan rancangan struktural untuk menentukan bentuk dan tata letak dari komponen utama.

Rancangan fungsional terdapat dua tipe alat penangkap gas metan yaitu tipe batch dan tipe kontinyu. Pada tipe batch bahan organik ditempatkan di tangki tertutup dan diproses secara

anaerobik selama 2 – 6 bulan tergantung pada jumlah bahan yang dimasukkan. Isi dari digester biasanya dihangatkan dan dipertahankan temperturnya. Selain itu kadangkala diaduk untuk melepaskan gelembung- gelembung gas dari sludge. Tipe digester ini tidak membutuhkan banyak perhatian selama proses. Meskipun demikian hampir semua bahan organik tetap akan diproses. Efisiensi maksimal dari proses hanya dapat diharapkan bila digester diisi dengan hati-hati.

Pada tipe aliran kontinyu bahan dimasukkan ke dalam digester secara teratur pada satu ujung dan setelah melalui jarak tertentu, keluar di ujung yang lain Tipe ini mengatasi masalah pada proses pemasukan dan pengosongan pada tipe batch. Terdapat dua jenis dari tipe aliran kontinyu:

1. Vertikal, dikembangkan oleh *Gobar Gas Institute*, India
2. Horisontal, dikembangkan oleh Fry di Afrika Selatan dan California, selain itu dikembangkan oleh *Biogas Plant Ltd.* dengan digester yang terbuat dari karet Butyl (*butyl rubber bag*).

Rancangan struktural menentukan bentuk dan tataletak dari komponen dari alat penangkap gas metan pada sampah.

Analisis teknik dilakukan untuk menghitung ukuran dimensi reaktor dan ukuran penyimpanan gas sementara. Selain itu antropometri dari reaktor perlu dipertimbangkan untuk kenyamanan kerja operator.

Pembuatan Gambar Teknik Tahap ini adalah membuat gambar desain atau gambar teknik dari Reaktor dan instalasinya yang dirancang dengan menggunakan software Autocad dibuat di laboratorium perancangan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Malang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Teknik

Bak pencampur

Volume sampah = 110 kg/hari
Volume air (1:1) = 110 liter

Volume bahan = Volume sampah + Volume air
 Volume bahan = 220 kg

Tinggi dan diameter bak pencampur diketahui dengan rumus volume silinder yaitu:

$$\text{Volume silinder} = 3,14 \times r^2 \times \text{tinggi}$$

$$0,22 \text{ m}^3 = 3,14 \times 0,477^2 \times \text{tinggi}$$

Daerah operasi minimum tangan laki-laki yaitu 40 – 50 cm. Pengadukan dilakukan dengan menggunakan tongkat pengaduk sehingga bak

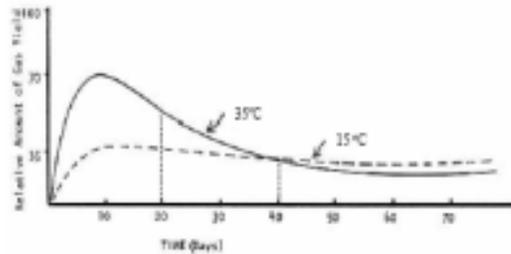
pencampur yang memiliki bentuk silinder maksimum diameter 100 cm. Diameter silinder ditentukan 80 cm.

$$\text{Tinggi} = 0,22 \text{ m}^3 / (3,14 \times 0,477^2)$$

$$\text{Tinggi} = 0,44 \text{ m}$$

Tinggi silinder ditambah 20 cm untuk pengadukan sehingga bahan tidak meluap. Sehingga tinggi silinder adalah 64 cm.

Digester



Gambar 1. Perbandingan tingkat produksi gas pada 15°C dan 35°C

Lama proses ditentukan melalui pendekatan Gambar, yaitu dengan membandingkan tingkat produksi gas pada temperatur (150–350C) sesuai gambar dengan temperatur lingkungan. Kemudian dari temperatur lingkungan dapat ditarik lama proses yang memiliki hari terbaik dari produksi dan setelah itu sludge/ lumpur dapat dikeluarkan. Dari gambar tersebut dapat diperkirakan bahwa hari yang optimal adalah 40 hari untuk temperatur bahan yang bekerja pada 19 – 20 OC.

a. Volume digester

Volume total = (lama proses × aliran bahan) / 80% Maka aliran perhari adalah 220 kg Lama proses 40 hari

$$\text{Volume basah} = 220 \text{ liter} \times 40 = 8800 \text{ liter}$$

$$\text{Volume total} = (8800 \text{ liter}) / 80\% = 11000 \text{ liter} = 11 \text{ m}^3$$

b. Panjang digester

Penentuan panjang digester didasarkan pada volume digester yang telah diketahui sebelumnya dan diameter plastik polyethylene yang digunakan.

$$V = \pi \times r^2 \times \text{panjang}$$

Diameter plastik = 0,954 m ; r = 0,477 m ;
 Volume 11 m³
 $\text{Panjang} = 11 \text{ m}^3 / (\pi \times 0,477^2) = 15,39 \text{ m} = 15,4 \text{ m}$

c. Kebutuhan plastik untuk digester

Panjang Plastik = a + b + c Panjang digester = 15,4 m
 Panjang untuk pengikatan dan diameter plastik (0,50 m × 2) + 0,954 m
 Panjang plastik = 17,354 m.
 Untuk menjaga kemungkinan plastik tergesek maka sebaiknya plastik dirangkap dua sehingga kebutuhan plastik untuk digester adalah 34,7 m atau dibulatkan menjadi 35 m.

d. Lubang digester dan kemiringan

Volume bahan basah = 8,8 m³
 Lebar atas = 90 cm
 Panjang digester = 15,4 m

Tinggi = 80 % × 0,954 m = 0,76 cm = 80 cm

$$V_p = A \times p = 8,8 \text{ m}^3 = A \times 15,4 \text{ m}$$

$$A = 0,57 \text{ m}^2$$

$$A = (a+b) / 2 \times t$$

$$0,57 \text{ m}^2 = (0,9 \text{ m} + b) / 2 \times 0,8 \text{ m}$$

$$b = 0,53 \text{ m}$$

Jadi lubang biodigester memiliki bentuk prisma dengan ukuran lebar atas 0,9 m, lebar bawah 0,53 m, tinggi 0,8 m, panjang 15,4 m. Kemiringan antara inlet dan outlet dihitung berdasarkan sudut alir bahan dimana bahan mulai bergerak.

Penampung gas sampah memiliki tingkat produksi gas 0,094 – 0,31 m³ / kg VS. Dengan mengetahui jumlah volatil solid yang terdapat pada bahan dapat dihitung kebutuhan volume penampung gas sebagai berikut (Meynell, 1976):
 Volume gas = jumlah VS/m³ (Kg) × tingkat produksi gas (m³ / kg VS)
 Jumlah volatil solid dari 1 kg sampah segar adalah sebesar 14,34% atau 0,1434 kg (lihat Lampiran uji VS). Jumlah volatil solid dari sampah dalam satu hari sebesar 110 kg / hari adalah 15,774 kg VS.

Maka dari 15,774 kg VS/hari dengan aliran gas 0,094 – 0,31 m³ / kg VS akan dihasilkan gas bio sebesar 1,48 – 4,89 m³/hari. Volume penampung gas yang dibutuhkan adalah untuk menampung gas selama setengah hari karena gas digunakan setiap hari. Maka volume penampung gas adalah 4,89m³ / 2 yaitu 2,5m³.

a. Penentuan panjang penampung gas didasarkan pada volume gas yang ditampung dan diameter plastik polyethylene yang digunakan.

$$\text{Diameter plastik} = 0,954 \text{ m} ; r = 0,477 \text{ m}$$

$$\text{Volume gas} = 2,445 \text{ m}^3$$

$$V = \pi \times r^2 \times \text{panjang}$$

$$\text{Panjang} = 2,445 \text{ m}^3 / (\pi \times 0,477^2) = 3,42 \text{ m} = 3,4 \text{ m}$$

b. Kebutuhan plastik untuk penampung gas Panjang plastik yang dibutuhkan untuk penampung gas dengan volume 2,445 m³ dan panjang 3,4 m adalah:

$$\text{Panjang Plastik} = a + b + c$$

$$\text{Panjang penampung} = 3,4 \text{ m}$$

$$\text{panjang untuk pengikatan} + \text{Diameter plastik} = (0,30 \text{ m} \times 2) + 0,954 \text{ m}$$

Panjang plastik = 4,954 m. = 5 m

Tekanan Yang Terjadi Pada Biodigester

a. Tekanan pada digester di dalam lubang (Tekanan Hidrostatik) Tekanan pada dasar digester oleh bahan adalah sebagai berikut:

$$P = \rho_{\text{bahan}} \cdot H$$

$$P = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/det}^2 \cdot 0,8 \text{ m}$$

$$= 7840 \text{ kg m/det}^2 \cdot \text{m} = 7,84 \text{ kN/m}^2$$

Tekanan Air Tanah

$$P = \rho_{\text{air}} \cdot H$$

$$P = 998 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/det}^2 \cdot 0,8 \text{ m}$$

$$= 7824,3 \text{ kg m/det}^2 \cdot \text{m} = 7,82 \text{ kN/m}^2$$

Apabila keadaan lubang kering

$$P_{\text{tanah}} = \text{tekanan akibat gaya normal hidrostatik bahan} = 7,84 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{\text{total}} = P_{\text{hidrostatik}} - P_{\text{tanah}}$$

$$P_{\text{total}} = 7,82 \text{ kN/m}^2 - 7,82 \text{ kN/m}^2 = 0 \text{ kN/m}^2$$

Apabila keadaan lubang tergenang air

$$P_{\text{total}} = P_{\text{hidrostatik}} - (P_{\text{tanah}} + P_{\text{air tanah}})$$

$$P_{\text{total}} = 7,84 \text{ kN/m}^2 - 7,82 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{\text{total}} = 0,02 \text{ kN/m}^2$$

Sedangkan berat bahan di digester adalah

$$G = \rho_{\text{bahan}} \cdot V = (\rho_{\text{bahan}} \cdot V)_{\text{bahan}} + (\rho_{\text{bahan}} \cdot V)_{\text{air}}$$

$$= 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/det}^2 \cdot 8,8 \text{ m}^3 + 2,2 \text{ m}^3 \cdot 0,666 \text{ kg/m}^3$$

$$= 86240 \text{ kg m/det}^2 + 1,4 \text{ kg m/det}^2 = 86,2414 \text{ kN}$$

Dan berat air yang terdesak atau gaya angkat air adalah

$$F = \rho_{\text{air}} \cdot V$$

$$= 998 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/det}^2 \cdot 8,8 \text{ m}^3$$

$$= 86,067 \text{ kg m/det}^2 = 86,067 \text{ kN}$$

Berat bahan dibanding dengan gaya angkat air adalah $G > F$ sehingga dapat dipastikan bahwa digester tidak terangkat oleh gaya angkat air.

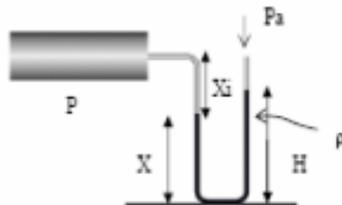
b. Tekanan pada penampung gas

Tekanan Gas dihasilkan dari pemberat yang memiliki berat 5,7 kg.

$$P = F / A$$

Melalui pengukuran dengan manometer didapat tekanan dalam tabung adalah tekanan pengukuran 78,4 Pa dan tekanan absolut 101,3784 kPa.

$$P + \rho_{\text{gas}} g X_i + \rho_{\text{gas}} g X = P_a + \rho_{\text{gas}} g H$$



$$P_a = 101,3 \text{ kPa}$$

$$X_i = 12,6 \text{ cm}$$

$$X = 42,6 \text{ cm}$$

$$H = 43,4 \text{ cm}$$

$$P_{air} = 998 \text{ kg/m}^3$$

Gambar 2. pengukuran dengan manometer didapat tekanan dalam tabung

$$\begin{aligned} \dot{A}_{gasbio} &= \% \text{ metana} \times \dot{A}_{Metana} + \% \text{ CO}_2 \times \dot{A}_{CO_2} + \% \text{ N}_2 \times \dot{A}_{N_2} + \% \text{ O}_2 \times \dot{A}_{O_2} \\ &= 34,47\% \cdot 0,68 \text{ kg/m}^3 + 15,11\% \cdot 0,28 \text{ kg/m}^3 + 37\% \cdot 1,185 \text{ kg/m}^3 + 13,14\% \cdot 1,354 \text{ kg/m}^3 \\ &= 0,23 + 0,28 + 0,44 + 0,18 = 1,14 \text{ kg/m}^3 \\ P + \dot{A}_{gasbio} g_{Xi} + \dot{A} g X &= P_a + \dot{A} g H \\ P &= P_a + \dot{A} g H - \dot{A} g X - \dot{A}_{gasbio} g_{Xi} \\ &= 101,3 \text{ kPa} + (998 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 0,8 \cdot 10^{-2} \text{ m}) - 1,14 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 12,6 \cdot 10^{-2} \text{ m} \\ &= 101,3 \text{ kPa} + (79,84 - 1,44) \text{ kg/m}^3 \text{ s} = 101,3 \text{ kPa} + 78,4 \text{ Pa} \\ &= 101,3784 \text{ kN/m}^2 = 10340 \text{ kgf/m}^2 = 1,001 \text{ atm} \end{aligned}$$

Selain tekanan dalam penampung terdapat juga tekanan atmosfer yang menekan plastik polyethylene, maka tekanan total adalah:
 $P_{total} = P_{absolute} - P_{atmosfer}$
 $P_{total} = 101,3784 \text{ kN/m}^2 - 101,3 \text{ kN/m}^2$
 $P_{total} = 78,4 \text{ N/m}^2$
 Kekuatan tarik plastik polyethylene tekanan/gaya yang terjadi perhitungkan dengan

Tegangan tangensial dan longitudinal
 1. Tegangan tangensial dan longitudinal dari bahan di dalam digester

$$\sigma_t = \frac{pD}{4r} = \frac{0,02 \text{ kN/m}^2 \times 0,954 \text{ m}}{4 \times 0,15 \times 10^{-3} \text{ m}} = 31800 \text{ N/m}^2$$

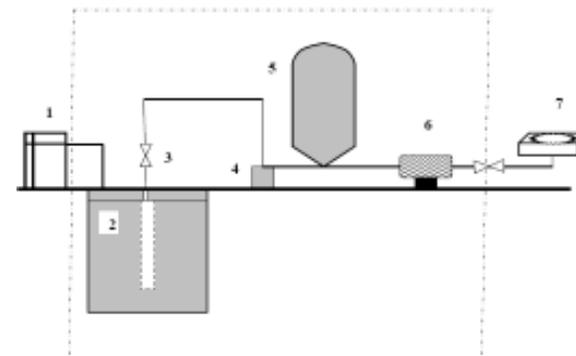
$$\sigma_l = \frac{pD}{2r} = \frac{0,02 \text{ kN/m}^2 \times 0,954 \text{ m}}{2 \times 0,15 \times 10^{-3} \text{ m}} = 63600 \text{ N/m}^2$$

2. Tegangan tangensial dan longitudinal di penampung gas dari beban penekan

$$\sigma_t = \frac{pD}{4r} = \frac{78,4 \text{ N/m}^2 \times 0,954 \text{ m}}{4 \times 0,15 \times 10^{-3} \text{ m}} = 124656 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_l = \frac{pD}{2r} = \frac{78,4 \text{ N/m}^2 \times 0,954 \text{ m}}{2 \times 0,15 \times 10^{-3} \text{ m}} = 249312 \text{ N/m}^2$$

Berdasarkan perhitungan tegangan tangensial dan longitudinal tegangan yang menahan gaya pecah dan sobek pada digester adalah tegangan tangensial sebesar 31,8 kN/m² dan tegangan longitudinal sebesar 63,6 kN/m². Sedangkan pada penampung gas tegangan tangensial sebesar 124,656 kN/m² dan tegangan longitudinal sebesar 249,312 kN/m². Tekanan tersebut masih dibawah kekuatan tarik plastik polyethylene yaitu sebesar 5 – 15 MN/m². Berdasarkan itu plastic polyethylene ini aman digunakan sebagai biodigester plastik.



Gambar 3. Komponen-komponen alat penangkap gas metan pada sampah untuk biogas

- Keterangan :
1. Bak sampah
 2. Reaktor Biogas
 3. Katup
 4. Perangkap uap air
 5. Penampung gas
 6. Sparator
 7. Kompor gas

dikembangkan pada pengembangan prototype, dan uji karakteristiknya serta diaplikasikan pada tempat pembuangan akhir (TPA) di kota Malang .

DAFTAR PUSTAKA

Fry, L. J., 1973, Methane Digesters for Fuel Gas and Fertilizer, The NewAlchmy Institute, Massachusetts, 8th Printing.

http://journeytoforever.org/biofuel_library/MethaneDigesters/MD1.html ,26 sept 2003

Fry, L.J., 1974, Practical Building of Methane Power Plant For Rural Energy Independence, 2nd edition, Chapel River Press, Hampshire-Great Britain.

Goodfellow – Material Information, 2000, Polyethylene – Low Density, LDPE. <http://www.goodfellow.com/csp/active/gfMaterialInfo.csp?MATID=ET31&result=13> , 6 Oktober 2003.

Culp W Archie. "Prinsip-prinsip Koversi Energi," Erlangga Jakarta, 1985

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil Rancangan alat penangkap gas metan pada sampah untuk biogas sebagai berikut : 1. Bak pencampur: Volume 300 liter, Berbentuk silinder dengan diameter 78 cm dan tinggi 60 cm. 2. Inlet dan Outlet: Hong tanah liat diameter 15 cm, panjang 80 cm, Tali karet pelilit hong lebar 2 – 3 cm. 3. Biodigester/ reaktor: Volume bahan basah 8,8 m³, Volume total 11 m³, Aliran bahan 220 liter/hari, Lama proses 40 hari, Plastik polyethielene diameter 0,954 m, Lubang digester, berbentuk prisma trapesium dengan lebar dasar 53 cm, lebar atas 90 cm, tinggi 80 cm dan panjang 15,4 m. 4. Penampung Gas: Volume penampung gas 2,5 m³, diameter 0,95 m, tinggi 3,4 m, Rangka bambu tinggi 4,6 m, Pemberat penampung gas 5,7 kg atau tekanan 0,8 cm air.

Saran

Penelitian ini masih dititik beratkan pada desain alat penangkap gas metan yang selanjutnya akan

Tjokrowisastro Harmadi E. Ir. ME. Dan Widodo B.U. Ir. ME. "Teknik pembakaran Dasar dan Bahan Bakar," ITS, Surabaya, 1990

Mikheyev M. “ *Fundamental of Heat Transfer*,
“ Peace, Moscow

Durban David, Norman A. Fleck, “*Singular
Plastic Fied in steady Penetration of rigid
Con*”, Journal of engineering material and
technology.

Anonymous., 1983, *Sifat Papan Partikel Datar*,
Standart Industri Indonesia SII. 0797-83,
Departemen Perindustrian, Jakarta.

Assauri, S., 1993, *Manajemen Produksi dan
Operasi*, Edisi ke-4, LPFEUI, Jakarta.

Hutasoit, G.F. dan Prihastuti, 1996, *Orientasi
Penelitian Pembuatan Papan Partikel*,
Berita P3GI, Pusat Penelitian Perkebunan
Indonesia (P3I), Pasuruan.

Smith, W.F., 1986, *Principle of Materials Science
and Engineering*, Mc Graw Hill Inc.