

PEMANFAATAN LIMBAH INDUSTRI SANDAL SEBAGAI AGREGAT DALAM CAMPURAN SEMEN PUTIH UNTUK PEMBUATAN ORNAMEN PENGGANTI BATU ALAM

APPLICATION OF INDUSTRIAL SANDAL WASTE AS AGGREGATE IN WHITE CEMENT MIXTURE FOR STONE SUBSTITUTE ORNAMENT MATERIAL PRODUCTION

Wiwik Purwiningsih dan Andaryati
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas Wijaya Kusuma, Surabaya
email: hanif_wisnu@yahoo.co.id

Abstrak

Limbah sandal merupakan sisa hasil produksi pabrik sandal yang bertumpuk di sekitar tempat tinggal yang berada di daerah sentra industri sandal dan sepatu menjadi dasar pemikiran untuk pemanfaatannya. Disamping itu, ada pertimbangan lain berupa terdapatnya bisnis ornamen interior dan eksterior yang dapat memanfaatkan limbah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk pemanfaatan limbah sandal sebagai agregat campuran semen putih untuk bahan ornamen pengganti batu alam. Metode yang digunakan adalah dengan melakukan uji coba pada bermacam-macam perbandingan, membandingkan hasil campuran secara visual dan kemudian melakukan uji kuat tekan, untuk membuktikan bahwa ornamen tersebut cukup kuat sebagai elemen finishing luar. Dari hasil uji coba dan analisis, komposisi campuran semen dan limbah terbaik adalah 1 : 3, karena secara visual sangat bagus, proses pengerjaannya cukup mudah dan pemakaian semen tidak boros. Dari segi ekonomi agregat tersebut dapat memberikan nilai tambah bagi penghasil limbah dan membuka lapangan kerja baru yang tepat guna.

Kata kunci: limbah sandal, semen putih, bahan ornamen

Abstract

Sandal waste represents the residual product, which is piled cumulatively in the residential areas around the factory. This fact becomes a consideration to use the waste for a particular purpose. This situation can be connected to the existence of interior and exterior ornament business where the waste can be used as raw material. This study was aimed to utilize the sandal waste as an aggregate, which is mixed with white cement, in order to replace of the natural stones. The method included trial tests of mixtures in different compositions, followed by comparisons of results according to visual performance and compression test. Results of this study showed that the best mixture was observed in cement and waste composition ratio of 1:3. At this composition, the aggregate was visually very good, easy to process, and save the use of cement. From the economical point of view, the use of sandal waste as described in this study, could provide an added value for the waste generator and a new employment opportunity.

Key words: sandal waste, white cement, ornament material

1. PENDAHULUAN

Limbah, selain menjadi masalah dalam berbagai aktivitas manusia juga dapat menjadi bagian dari sumber penghasilan ekonomi manusia dari proses daur ulang bahkan proses *recovery*. Semakin banyaknya pedagang ornamen interior dan eksterior menjadikan pemikiran untuk bisa memadukan hal-hal tersebut menjadi sesuatu yang bermanfaat, khususnya bagi industri sandal. Dipilihnya limbah sandal dengan pertimbangan

sebagai berikut. Desa Wedoro di Kecamatan Waru, Kabupaten Sidoarjo telah ditetapkan oleh Pemerintah Kabupaten Sidoarjo menjadi sentra industri sepatu dan sandal. Hampir seluruh keluarga yang berjumlah 7027 jiwa di desa tersebut yang menempati area seluas 113.68 Ha, melaksanakan pembuatan sandal atau sepatu pada skala rumah tangga. Dari kegiatan tersebut dihasilkan limbah padat dari bahan baku sandal berupa spon padat dimana penduduk setempat menyebutnya spon. Bahan ini memiliki berat yang ringan, mengapung di atas air, tidak menyerap air,

tidak mudah membusuk, mudah dibentuk, bersifat lentur/elastis, empuk dan berwarna-warni.

Limbah padat yang dibicarakan dalam penelitian ini termasuk dalam pengertian sampah, yang merupakan bahan buangan padat atau semi padat yang dihasilkan dari aktivitas manusia atau hewan yang dibuang karena tidak diinginkan atau tidak digunakan lagi (Tchobanoglous, Theisen dan Vigil, 1993). Sementara itu Radyastuti (1996, dalam Anonim, 1999) mendefinisikan bahwa sampah sebagai sumber daya yang tidak siap pakai. Pengertian sampah lain ialah sesuatu yang tidak dipakai atau tidak disenangi yang harus dibuang, dimana umumnya berasal dari kegiatan yang dilakukan manusia tetapi yang bukan biologis dan umumnya bersifat padat (Azwar Azrul, 1983).

Sedangkan menurut Metcalf dan Eddy, (1979) pemanfaatan limbah bisa dilakukan dengan cara:

1. Penggunaan kembali (*Reuse*)
2. Daur Ulang (*Recycle*)
3. Perolehan Kembali (*Recovery*)

Dari sisi penggunaan semen, khususnya semen putih, limbah sandal dapat menjadi bahan agregat ornamental yang memiliki nilai estetika. Ada dua macam agregat yaitu agregat halus dan kasar. Agregat halus ialah agregat yang semua butir menembus ayakan 4,8 mm. Sedangkan agregat kasar ialah agregat yang semua butirnya tertinggal di atas ayakan 4,8 mm, yang merupakan agregat konstruksi. Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir hasil olahan atau gabungan dari kedua pasir tersebut. Agregat kasar dapat berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah, terak tanur tiup atau beton semen hidraulis yang dipecah (Aman, 1991). Air yang digunakan dalam pembuatan agregat tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam, bahan organik atau bahan lain yang dapat merusak beton atau tulangnya. Sebaiknya digunakan air bersih, tidak berasa, tidak berbau dan dapat diminum (Subakti Aman, 1991).

Dalam suatu perencanaan atau desain suatu produk akan meliputi lima aspek desain yaitu aspek kegunaan, aspek teknis, aspek ekonomi, aspek produksi dan aspek estetika. Hanya saja setiap desain akan memberikan bobot yang berbeda-beda terhadap setiap aspek desain tersebut. Aspek estetika hampir selalu berperan dalam semua desain karena hal ini merupakan aspek yang secara langsung bisa diamati secara visual (Orie, 1990).

Indonesia sudah dikenal dengan kekayaan alam yang berlimpah baik yang dapat diperbaharui maupun tidak dapat diperbaharui seperti batu alam yang beraneka ragam. Tetapi apabila pemanfaatan kekayaan alam tersebut tidak memperhatikan kelestarian bahan tersebut dan kelestarian alam pada umumnya, akan merugikan bagi keselamatan manusia sendiri (Welasih Tjatur, 2005).

Dari 400 KK yang berwiraswasta, apabila setiap KK menghasilkan sekitar 5 kg/hari, maka dalam satu hari dapat dihasilkan 2 ton limbah sandal. Hal ini merupakan suatu nilai positif dari segi kuantitas dan kontinuitas bahan baku dalam penelitian ini. Survey lapangan menunjukkan bahwa limbah tersebut sering ditumpuk selama beberapa hari di teras rumah. Melalui penelitian ini diharapkan dapat diperoleh nilai tambah dari pemanfaatan limbah, yang sekaligus dapat mengatasi masalah limbah yang ada.

Hal penting yang juga menjadi pemikiran adalah terjadinya kerusakan lingkungan akibat penambangan batu alam yang terus-menerus. Kondisi tersebut memerlukan pemikiran untuk mencari alternatif pengganti batu alam yang cukup baik dari segi fungsi dan estetika.

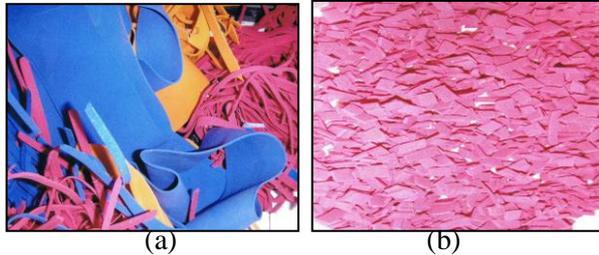
Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini ialah melakukan studi pemanfaatan limbah home industry sandal untuk menghasilkan produk ornamen dinding sebagai pengganti batu alam, serta mendapatkan perbandingan campuran terbaik dari semen dan limbah sandal.

2. METODOLOGI

Benda uji dipersiapkan dari limbah (Gambar 1a) yang dibersihkan dari kotoran yang melekat, kemudian dipotong-potong dengan ukuran rata-rata (0,5-1) cm x (0,5-1) cm dengan ketebalan sekitar (0,2-0,5) cm sampai didapatkan jumlah yang dibutuhkan (Gambar 1 b). Kemudian dilakukan pencampuran semen putih, limbah dan air dengan perbandingan 2 : 1 : 1; 1 : 1 : 0,5; 1 : 2 : 0,5 ; 3 : 1 : 1,5; dan 1 : 3 : 0,5.

Masing-masing perbandingan dibuat tiga benda uji dengan mencetaknya dalam cetakan dari bahan PVC berukuran tinggi 4 cm dan diameter 2,1 cm. Benda uji hasil cetakan dibiarkan selama tiga hari. Masing-masing perbandingan juga dibuat benda uji untuk melihat hasil sebenarnya dan hasil visual

yang diinginkan dalam cetakan dari bahan plat besi berukuran panjang 17 cm, lebar 8 cm dan tebal 2 cm dan dibiarkan selama 3 hari (Gambar 3). Setelah itu semua benda uji dikeluarkan dari cetakan, dan dilakukan pengamatan visual dan dilakukan test tekan dengan alat *Compression Test*.



Gambar 1. Limbah asli dari lokasi (a) dan limbah yang siap digunakan (b)



Gambar 2. Visualisasi Hasil Campuran Dengan Berbagai Perbandingan



Gambar 3. Contoh Benda Uji Setelah Uji Test Tekan.

Pada Tabel 1 dan Tabel 2 tercantum data hasil visualisasi dan pengukuran kuat tekan. Benda uji tidak hancur setelah diuji kuat tekan.

Tabel 1. Perbandingan Visualisasi Hasil Campuran

Perbandingan semen : Limbah				
3 : 1	2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 3
Texture halus	Texture halus	Texture halus	Texture agak kasar	Texture kasar
Potongan limbah tidak tampak	Potongan limbah tidak tampak	Potongan limbah mulai tampak	Potongan limbah tampak lebih jelas	Potongan limbah tampak jelas sekali
Warna cenderung mengikuti warna semen (agak kehijauan)	Warna lebih bersih (lebih putih)	Warna limbah sedikit mulai tampak	Warna mulai mengikuti warna limbah	Warna mengikuti warna limbah

Tabel 2. Hasil Tes Kuat Tekan Benda Uji

Perbandingan Semen : Limbah	No. benda uji	Berat benda uji (kg)	Hasil test (kg/cm ²)	Hasil test konversi (kg/cm ²)
3 : 1	10	21.	6.2	45.4
		6		
		22.		
2 : 1	1	2	5.6	41.0
		20.		
		12		
		4		
1 : 1	4	5	4.3	31.5
		7		
		17.		
		3		
		8		
1 : 2	7	15.	2.7	19.8
		14.		
		5		
		14.		
		7		
		14.		
1 : 3	13	13.	2.3	16.8
		13.		
		5		
		13.		
		2		
	15	2	2.2	16.1

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil percobaan yang telah didapatkan akan dilakukan beberapa analisis yang meliputi analisis aspek pemanfaatan limbah, analisis aspek desain, analisis visual dan analisis kekuatan.

Analisis Aspek Pemanfaatan Limbah

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan diperoleh hasil bahwa campuran dengan perbandingan semen : limbah = 1 : 3 memperoleh hasil visual yang paling bagus dengan berat paling ringan (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa untuk mendapatkan hasil yang bagus diperlukan lebih banyak limbah dibandingkan kebutuhan semen. Hasil ini menunjukkan bahwa akan lebih banyak limbah yang bisa dimanfaatkan untuk keperluan ini.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah sandal dapat dimanfaatkan untuk keperluan yang lebih baik. Disamping memberikan nilai ekonomis, limbah sandal juga ramah terhadap lingkungan. Sebagian besar limbah sampah dapat ditampung

dan dimanfaatkan untuk kepentingan pembuatan benda ornamen bangunan yang mempunyai nilai ekonomis.

Dari perbandingan semen dan limbah yang menghasilkan bentuk visual yang bagus yaitu 1 : 3 menunjukkan dengan pemakaian semen seefisien mungkin. Hasil uji tekan (Tabel 2) menunjukkan kekuatan yang cukup sesuai, sebagai benda ornamen. Selain itu benda uji memiliki berat yang cukup ringan (Tabel 2), sehingga memudahkan dalam pengangkutan dan pemasangan.

Dari hasil uji visual didapatkan hasil yang cukup baik pula. Potongan-potongan limbah saling terikat kuat di antara spesi semen. Bahkan potongan-potongan limbah tersebut menjadi penguat campuran antara semen dan air. Hal ini tampak jelas ketika benda uji dilepaskan dari cetaknya. Campuran dengan perbandingan semen yang lebih banyak mengalami retak dan hampir pecah. Namun campuran dengan perbandingan 1 : 3 lebih tahan pukulan. Hal ini dikarenakan proses mengeluarkan benda uji dari cetaknya adalah dengan dipukul martil kecil guna mendorongnya untuk lepas dari cetakan.

Aspek Desain

Perencanaan suatu benda atau produk, membutuhkan perhatian terhadap aspek desain walaupun dalam prakteknya masing-masing aspek mempunyai bobot yang berbeda untuk setiap produk yang ingin dihasilkan, sesuai dengan kepentingan, penekanan maksud dan tujuan yang ingin dicapai. Aspek desain meliputi aspek estetika dan aspek kegunaan.

Aspek Estetika

Dalam semua desain, aspek ini sedikit atau banyak pasti berperan, karena hal ini merupakan aspek yang secara langsung dapat diamati secara visual. Aspek ini juga bisa berperan dalam fungsi simbolis dari suatu produk. Dalam penelitian ini aspek estetika menjadi aspek penting, karena benda atau produk yang diinginkan merupakan benda ornamen dalam finishing pada suatu bangunan. Bangunan yang dimaksud bisa sebuah rumah, pagar, teras, sebagainya, yang berarti benda tersebut dapat dipasang di dalam (interior) maupun di luar (eksterior) bangunan.

Dari hasil percobaan didapatkan campuran semen : limbah = 1 : 3, menunjukkan hasil yang cukup memiliki nilai estetika yang bagus. Yaitu mempunyai tekstur yang cukup kasar (limbah tampak saling muncul di permukaan) dan warna dari limbah kelihatan cukup jelas, sehingga warna semen agak terbawa oleh warna limbah.

Semen warna putih sengaja dipakai untuk alasan estetika, karena warna putih akan tampak lebih bersih dan menonjolkan warna dari limbah yang digunakan. Dan pemakaian semen dari hasil penelitian cukup efisien.

Aspek Kegunaan

Pemanfaatan limbah sandal dalam proses daur ulang sampah ini sangat berguna dalam mata rantai proses manajemen pengelolaan sampah secara umum. Pemanfaatan limbah berguna juga sebagai sarana menjaga sanitasi dan estetika lingkungan, karena tidak akan terjadi tumpukan limbah sandal yang bisa menjadi sarang vector penyakit dan mengganggu keindahan lingkungan. Benda atau produk yang dihasilkan dari pemanfaatan limbah ini bisa digunakan sebagai benda ornamen pada finishing pelapisan dinding, semacam pemakaian batu alam yang harganya mahal dan bisa mengganggu lingkungan, karena mengambil langsung dari alam dan terkesan keras dan berat.

Aspek Ekonomi

Pemanfaatan limbah sandal bisa menghasilkan nilai ekonomis bagi penghasil limbah. Hal ini karena limbah yang dihasilkan akan dibeli untuk proses pembuatan benda ornamen. Berapapun harganya, yang pasti tidak akan terlalu mahal atau akan jauh lebih murah untuk nilai suatu limbah jika dibandingkan dengan harga bahan bakunya. Namun berapapun nilainya akan bermanfaat bagi penghasil limbah, dari pada membuangnya sendiri.

Apabila benda ornamen dari limbah ini siap diproduksi, karena pada tahap awal belum ada mesin produksinya, maka akan menggunakan tenaga manusia, yang berarti juga akan bermanfaat bagi masyarakat dalam pembukaan lapangan kerja baru dan bisa menambah nilai ekonomi masyarakat. Benda ornamen yang dibuat akan memiliki nilai uang yang cukup rendah. Dari percobaan didapat bahwa untuk menghasilkan 1 biji benda ornamen bervolume 272 cm³ dengan perbandingan 1 : 3 hanya dibutuhkan sekitar 160 gr

semen. Sehingga akan sangat ekonomis bila mereka memproduksi dengan campuran limbah ini.

Hal ini akan dapat dijelaskan dengan perhitungan sebagai berikut :

1 kg limbah sandal setelah dipotong-potong akan menghasilkan agregat spon sebanyak sekitar 2500 cm³. Dari percobaan didapatkan = 1 biji produk berukuran 272 cm³ (17 cm x 8 cm x 2 cm) dan memerlukan = 160 gr semen putih.

Jadi 1 kg limbah sandal bisa untuk membuat sekitar = (2500 cm³/272 cm³ = 9,19 biji produk) = 9 biji produk, dan memerlukan (160 gr x 9 bj) = 1440 gr semen putih atau sekitar 1,5 kg.

Apabila harga 1 kg semen putih sekitar Rp 1500 dan 1 kg limbah sandal seharga Rp 500, maka biaya untuk membuat 9 biji produk memerlukan biaya sebesar (Rp 1500 + Rp 500) = Rp 2000. Berarti untuk membuat 1 biji produk diperlukan biaya sebesar (Rp 2000/9 biji) = Rp 222.

Untuk membuat produk seluas 1 m², diperlukan produk sebanyak = (100/17) cm x (100/8) cm
 = 5,9 bj x 12,5 bj
 = 6 bj x 13 bj
 = 78 biji

Jika harga produksi Rp 225 x 78 biji = Rp 17.550/m². Harga ini bila dibandingkan dengan batu alam akan berbeda sangat tinggi, karena harga batu alam di pasaran bisa mencapai Rp 50.000/m².

Hal ini juga bermanfaat bagi penghasil limbah sandal. Jika mereka biasanya harus membayar ongkos pembuangan limbah, dengan pemanfaatan ini mereka justru mendapatkan nilai rupiah atau uang dari limbahnya. Dan untuk produksi dalam jumlah besar, karena harus dikerjakan manual memakai tenaga tangan manusia, akan bisa menyerap tenaga kerja sekitarnya.

Aspek Produksi

- Aspek produksi pada tahap penelitian ini mengacu pada faktor kemudahan dalam membuat atau membentuk benda dalam suatu percobaan.
- Dalam percobaan yang telah dilakukan tidak ada kesulitan dalam pengerjaannya, hanya perlu sedikit pemadatan untuk meratakan campuran ke dalam cetakan dan yang penting

proses pencampuran semen, limbah dan air harus dilakukan sampai merata.

- Benda bisa diproduksi dengan cara manual dengan tenaga manusia, atau untuk lebih lanjut bisa dilakukan melalui proses mekanisasi dengan melalui penelitian lebih lanjut.

Aspek Teknis

Dari percobaan yang telah dilakukan sifat limbah sangat berbeda antara sebelum dan sesudah dicetak. Sebelum dicetak struktur limbah tergolong lunak tapi setelah dicetak menjadi cukup mengeras dan saling menempel dan menguatkan. Benda yang dibuat memiliki struktur yang permanen dan bisa dipasang pada struktur konstruksi dengan teknik penempelan melalui media semen seperti halnya memasang keramik pada dinding.

Benda yang dibuat bisa dibentuk sesuai kebutuhan dengan ukuran yang bervariasi dengan teknik pencetakan dan dibiarkan mengering antara 2-3 hari, tanpa proses penjemuran.

Hasil visualisasi

Dari hasil visualisasi yang dihasilkan oleh benda-benda uji sangat bervariasi sesuai perbandingan masing-masing campuran. Dari Gambar 2, bisa diketahui bahwa komponen tekstur permukaan dari perbandingan campuran 1 : 3 memiliki hasil yang paling baik diantara campuran yang lainnya. Baik dalam arti potongan limbah cukup terlihat menonjol ke permukaan, warna dari limbah terlihat cukup jelas, warna dari semen cukup mengikuti warna limbah karena semen membungkus potongan limbah dengan tipis namun tetap melekat kuat dan tetap tidak tembus air.

Sedangkan campuran dengan perbandingan yang lain memiliki tekstur permukaan yang datar dan halus, sehingga potongan limbah tampak tertanam atau tenggelam dalam campuran semen, sehingga tidak begitu tampak menarik.

Analisis Kekuatan

Hasil uji dari benda-benda uji terhadap gaya tekan didapat seperti pada Tabel 2. Uji kuat tekan dilakukan pada umur campuran 3 hari. Hal ini dilakukan untuk mengetahui ketahanan campuran limbah terhadap gaya tekan. Dari uji yang dilakukan diperoleh hasil bahwa kuat tekan

terbesar terjadi pada campuran dengan perbandingan 3 : 1 dan terkecil pada campuran dengan perbandingan 1 : 3 namun memberikan tekstur yang paling baik.

Dalam penelitian ini parameter kekuatan benda uji bukan menjadi parameter penentu pilihan. Namun pengujian terhadap kekuatan benda uji tetap dilakukan, untuk menunjukkan bahwa campuran semen dengan limbah juga memiliki kekuatan atau daya tahan terhadap gaya tekan. Dan ketahanan terhadap gaya tekan tidak diperlukan cukup besar karena benda yang dibuat tidak dimaksudkan sebagai komponen struktur utama konstruksi bangunan.

4. KESIMPULAN

Limbah sandal layak untuk dimanfaatkan sebagai hasil daur ulang sebagai komponen finishing suatu bangunan seperti misalnya list plafon, list pagar, dan ornamen, baik untuk interior maupun eksterior dinding bangunan.

Hasil pemanfaatan campuran limbah sandal hanya dipakai untuk komponen finishing saja dan tidak termasuk pada komponen struktur konstruksi. Untuk mengetahui bahwa suatu campuran limbah dapat digunakan sebagai komponen struktur utama (beton ringan), bisa dijadikan bahan acuan bagi penyusun ataupun pembaca untuk melakukan penelitian lebih lanjut. Hasil dari berbagai perbandingan campuran, didapatkan bahwa kualitas terbaik ditunjukkan pada perbandingan semen : limbah adalah 1 : 3.

Produksi dalam jumlah yang besar, juga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menemukan alat pemotong limbah sandal tersebut. Setelah mengalami uji tekan, benda uji tidak hancur sebagaimana beton bila diuji tekan; namun hanya retak seperti ada pengikat antar semen yang bersifat lentur sehingga benda uji tidak bisa hancur. Perlu penelitian lebih lanjut apakah limbah tersebut memang menjadikan benda uji bersifat lebih lentur.

DAFTAR PUSTAKA

Aman, S. (1991). **Teknologi Beton dalam Praktek**, Laboratorium Beton, Teknik Sipil FTSP-ITS, Surabaya.

Anonim. (1999). **Sampah dan Pengelolaannya**. PPPGT/VEDC Malang, Edisi 2.

Anonim. (2001). **Perilaku Hidup Bersih dan Sehat (PHBS)**. Dinas Kesehatan. Kabupaten Sidoarjo.

Azwar, A. (1983). **Pengantar Ilmu Kesehatan Lingkungan**, Gramedia, Jakarta.

Metcalf dan Eddy Inc. (1979). **Waste Water Engineering: Treatment Disposal Reuse**. Tata-Mc.Graw Hill Publishing Company Ltd. New Delhi, Second Edition.

Orie, A. dan A. Windharto. (1990). **Pengantar Desain Produk**. Jurusan Teknik Arsitektur, FTSP-ITS, Surabaya.

Rumintang, R. dan Sudjarna, (2003). **Pemanfaatan Limbah Plastik Jenis PE, PP dan PET untuk Pembuatan CaC₂ dan Bahan Bakar**. Jurnal Berita Litbang Volume XXIX No. 1, Juli 2003.

Tchobanoglaus G., Thiesen, dan Vigil. (1993). **Integrated Solid Waste Management**. Mc-Graw Hill, International Edition.

Tjatur, W. (2005). **Pemanfaatan Limbah Industri Marmer Menjadi Bahan Kimia Calsium Carbida (CaC₂)**. Prosiding Seminar, Teknik Lingkungan-UPN, Surabaya.

Urushibata, K. (1993). **Hasil Studi Guna Lebih Meningkatkan Pengelolaan Sampah di Surabaya**. Surabaya, Indonesia.

Winarno dan Surachmad. (1978). **Dasar dan Teknik Research Pengantar Metode Ilmiah**. Tarsito, Bandung.

Yul H. Bahar, **Teknologi Penanganan dan Pemanfaatan Sampah**.