Mesin Cetak *Paving Block* Dengan Sistem Pneumatik Untuk *Home Industry* di Kabupaten Indramayu

Meri Rahmi[1], Dedi Suwandi[2], Suliono[3], Badruzzaman[4]

[1]*Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Indramayu, Indramayu 45252*
E-mail : meri@polindra.ac.id
[2]*Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Indramayu, Indramayu 45252*
E-mail : dedi@polindra.ac.id
[3]*Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Indramayu, Indramayu 45252*
E-mail : suliono@polindra.ac.id
[4]*Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Indramayu, Indramayu 45252*
E-mail : badruzzaman@polindra.ac.id

ABSTRAK

Pembuatan mesin cetak *paving block* dengan sistem pneumatik, khususnya untuk pengusaha *paving block* di Desa Pegagan, Kecamatan Losarang, Kabupaten Indramayu. Mesin ini mampu menggantikan alat atau metode konvensional yang saat ini masih digunakan pengusaha *paving block* dengan skala *home industry*. Sistem kerja mesin ini menggunakan mekanisme pneumatik yang menekan dan memadatkan bahan baku *paving block* yang sudah dimasukkan dalam cetakan. Satu kali proses cetak menghasilkan dua *paving block* sekaligus. Berdasarkan hasil pengujian mesin cetak *paving block* dengan sistem pneumatik didapatkan hasil yaitu terdapat perbedaan alur proses pembuatan *paving block* dengan menggunakan mesin cetak sistem pneumatik dari enam tahapan proses menjadi empat tahapan proses, waktu proses dengan menggunakan mesin cetak *paving block* menjadi lebih cepat dibandingkan dengan proses manual yaitu dari 25 menit menjadi 11 menit, efisiensi waktu yang didapatkan adalah 52% lebih cepat, dalam satu kali proses mesin cetak langsung menghasilkan dua *paving block*, sedangkan pada proses manual hanya menghasilkan satu *paving block* dan hasil produktivitas meningkat menjadi 60% dalam waktu satu hari kerja (8 jam kerja/ *shift* normal).

Kata Kunci
Mesin Cetak, Paving Block, Efisiensi, Produktivitas, Pneumatik

1. PENDAHULUAN

Paving block merupakan produk bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen, air, abu batu, agregat halus dan agregat kasar. *Paving block* digunakan sebagai salah satu alternatif penutup atau pengerasan permukaan tanah. *Paving block* dikenal juga dengan sebutan bata beton atau *concrete block* [1]. Penggunaan paving block banyak ditemui untuk trotoar, area bermain/taman perkerasan jalan ringan, serta penutup permukaan lain yang fungsinya masih mampu menyerap air dipermukaan. Kemudahan dalam pemasangan dan perawatan menjadi pertimbangan kenapa *paving block* banyak disukai. Meningkatnya kebutuhan penggunaan *paving block* untuk berbagai konstruksi pavemen tidak diimbangi dengan ketersediaan *paving block* yang memadai dari sisi kuantitas.

Berbagai bentuk dan ukuran *paving block* yang terdapat pada tempat - tempat penjualan dan produksi *paving block*. Semua itu biasanya tergantung dari pabrik yang mencetaknya. Untuk memenuhi permintaan yang tinggi terhadap kebutuhan *paving block*, maka dibutuhkan pengusaha *paving bock* dari berbagai daerah yang berskala *home indutry*. Untuk mencapai target produksi tersebut, terdapat kendala yaitu proses pembuatan *paving block* yang masih menggunakan metode konvesional. Salah satu daerah pengerajin *paving block* adalah Desa Pegagan RT 01 RW 01, Kecamatan Losarang Kabupaten Indramayu Proses pembuatan atau pencetakan *paving block* masih menggunakan metode manual dan konvensional sehingga target produksi setiap hari tidak tercapai. Proses yang masih manual dan konvensional membutuhkan waktu lama, bentuk dan kepadatan yang tidak seragam. Proses manual dapat dilihat pada Gambar 1-3. Proses manual menghasilkan alur proses pembuatan yang lebih banyak.

Gambar 1. Alat Cetak Manual atau Konvensional

Gambar 2. Proses Cetak Manual

Gambar 3. Proses Cetak Manual

Berdasarkan permasalahan diatas, maka dibuat mesin cetak *paving block* dengan sistem pneumatik yang menghasilkan dua *paving block* dalam satu kali cetak. *Paving block* yang dihasilkan seragam baik ukuran dan bentuk, sehingga proses produksi efisien dan efektif. Penelitian ini disusun sebagai berikut. Pemilihan sistem pneumatik yang bertujuan untuk membantu mempercepat proses pada mesin cetak dan mengenalkan metode dengan bantuan teknologi kepada pengusaha *paving block* skala *home industry*. Pendahuluan diberikan Bagian I. Kajian literatur terkait penelitian ada pada Bagian II. Bagian III menyajikan metode yang diusulkan. Hasil analisis dibahas pada Bagian IV. Bagian V menjelaskan tentang kesimpulan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bagian dan Sub-bagian

Paving block atau beton untuk lantai (menurut SII. 0819-88) ialah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen *portland* atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu beton itu. Untuk menentukan porsi masing-masing bahan yang harus digunakan, sebelum *paving block* dibuat di lapangan, biasanya dilakukan percobaan terlebih dahulu.

Untuk menetukan porsi dari setiap bahan pada umumnya harus berdasarkan pada ketentuan-ketentuan sebagai berikut:
a) kuat tekan yang ditentukan
b) jenis tipe semen
c) ukuran agregat maksimum
d) minimal besarnya faktor air semen
e) kemudahan dikerjakan
f) keadaan lingkungan

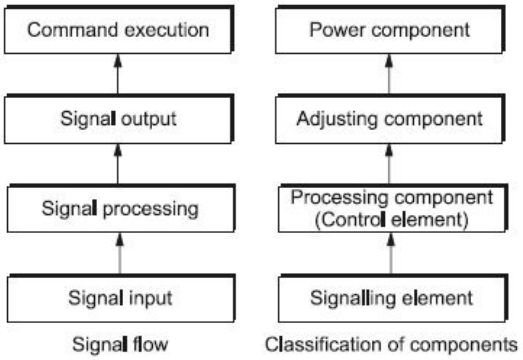
Untuk bahan perkerasan trotoar, *paving block* dengan bahan pembentuk pasir dan semen mempunyai kekuatan yang cukup memadai. Peningkatan mutu *paving block* untuk dapat digunakan sebagai bahan perkerasan jalan sangat diperlukan. Pengguanaan batu pecah sebagai bahan agregat kasar (sebagai pengisi) campuran masih belum pernah dilakukan. Berdasarkan kondisi yang ada dilapangan, dilakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan batu pecah sebagai bahan campuran terhadap kekutan *paving block*.

Paving block mulai dikenal dan dipakai di Indonesia terhitung sejak tahun 1977/1978. *Paving block* merupakan suatu komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen Portland, air dan agregat. *Paving block* merupakan produk bahan bangunan dari semen yang digunakan sebagai salah satu alternatif penutup atau pengerasan permukaan tanah [2].

2.2 Pneumatik

Pneumatik adalah disiplin ilmu yang berhubungan dengan sifat mekanik gas seperti tekanan dan kepadatan, serta menerapkan prinsip-prinsip untuk menggunakan kompresi gas sebagai sumber tenaga untuk memecahkan masalah rekayasa. Gas kompresi yang paling banyak digunakan adalah udara, dan dengan demikian penggunaannya telah menjadi identik dengan istilah pneumatik. Hidrolik adalah disiplin yang berhubungan dengan mekanik sifat cairan, dan menerapkan prinsip-prinsip untuk memecahkan rekayasa masalah. Gas dan cairan keduanya fluida dibandingkan dengan padatan. Pneumatik dan hidrolik memiliki kesamaan dalam banyak hal dan sering digambarkan dengan kekuatan fluida sederhana [3].

Bagian terpenting dari udara adalah konversi sederhana dari tekanan ke gaya dan perpindahan translasi menggunakan piston dalam lubang melingkar. Aktuator memiliki desain sederhana, bisa sangat cepat dan tidak terlalu panas meskipun terhenti tanpa batas. Kekuatan yang dihasilkan dapat dengan mudah dikontrol oleh pengatur tekanan [4].
Sistem pneumatik terdiri dari beberapa inter-koneksi dai beberapa kelompok elemen yang berbeda. Hal ini bisa dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Alur Sinyal Pneumatik [4]

2.3 Kompresi Udara

Ada beberapa cara untuk memodelkan hubungan antara massa gas, tekanan, suhu dan volume. Salah satunya adalah dengan mengukur perangkat yang relevan parameter dan menggunakan tabel dan interpolasi. Ini memberikan yang paling akurat hasil tetapi memakan waktu; baik ketika dilakukan dengan pena dan kertas atau selama simulasi.

Cara lain adalah dengan menggunakan hukum gas. Hukum gas paling sederhana didasarkan pada asumsi bahwa molekul elastis sempurna, adalah dapat diabaikan dalam ukuran dibandingkan dengan panjang jalur bebas rata-rata mereka dan mengerahkan tidak ada kekuatan satu sama lain. Gas ini disebut gas ideal dan hubungannya antara massa, tekanan,suhu dan volume [4]

$$p.V=m.R.T \quad (1)$$

dimana: p : tekanan (Pa/bar)
V : volume (liter)
m : massa (kg)
R : Ketetapan gas
T : Temperatur (T)

Secara umum tekanan bisa didapatkan dengan rumus:

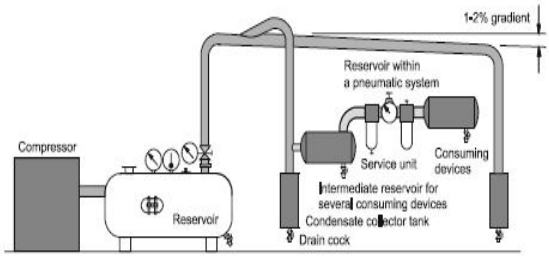
$$p=F/A \quad (2)$$

dimana: p : tekanan (Pa/bar)
F: gaya (N)
A: luas permukaan (mm^2)

$$F=m.a \quad (3)$$

dimana: F : gaya (N)
m : massa (kg)
a : percepatan (m/s)

Pemilihan diameter mempengaruhi tekanan yang akan bekerja pada sistem pneumatik. Aliran udara yang akan dikompresi akan dipengaruhi dengan penentuan diameter. Gambar 5 menjelaskan bentuk sistem distribusi udara pada sistem pneumatik.



Gambar 5. Sistem Distribusi Udara [4]

2.4 Perencanaan Pneumatik

Bagian terpenting penggunaan pneumatik adalah silinder pendorong yang berfungsi untuk menekan. Karakteristik penampilan silinder dapat ditentukan secara teori atau dengan data-data dari pabriknya. Kedua metode ini dapat dipakai untuk penggunaan tertentu. Data-data dari pembat pneumatik lebih menyakinkan. Penentuan data dari pabrik harus melalui penentuan berdasarkan teori. Tahapan tersebut antara lain [4], diawali dengan penentuan tekanan berdasarkan persamaan (3). Selanjutnya adalah;

Perencanaan silinder pneumatik

$$d^2=(F+R)/(p \times 7.86) \quad (4)$$

dimana: d : diameter (mm)
F : gaya (N)
R : gesekan ~ ±5%.F
p : tekanan kerja untuk pneumatik rata-rata

Menghitung debit compressor

$$Qs=(\pi(/4)(ds))^2.(v) \quad (5)$$

dimana: Qs : debit kompresor (1/menit)
ds : diameter silinder (mm)
v : kecepatan piston (mm/menit)

Menghitung daya kompresor

$$Ns = (Qs)(\eta \text{ tot}) \quad (6)$$

dimana: Ns : daya kompresor (1/menit)
Qs : debit kompresor (1/menit)
η tot: efisiensi total (0.8)

Menghitung kapasitas waktu kerja tekan (7)
Waktu langkah maju

$$t1 = (A \times h) / (Qu \times 1000)$$

dimana: t1 : waktu langkah maju (detik)
A_1: luas silinder pneumatik (mm^2)
h : panjang langkah (mm)
Qu: debit udara (1/menit)

Waktu langkah balik

$$t2 = (A1 - A2) \times h) / (Qk \times 1000)$$

dimana: t2 : waktu langkah balik (detik)
A_2 : luas silinder pneumatik (mm^2)
h : panjang langkah (mm)
Qu: debit udara (1/menit)

Menentukan motor penggerak (8)
$Nm = Ns / \eta$

dimana: Nm : daya motor yang dibutuhkan

Menghitung gaya efek piston (3)

Menghitung konsumsi udara langkah piston (9)

Maju $V1 = p \times (\pi/4) \times d^2 \times h$
Mundur $V2 = p \times (\pi/4) \times (ds^2 - dp^2) \times h$

dimana: V1, V2 : volume udara (liter)
p : tekanan (Pa/bar)
h : panjang langkah (mm)
d : diameter silinder (mm)

Menghitung konsumsi udara total (10)

$Q = V1 + V2$

dimana: Q : Konsumsi total udara (liter)
V1, V2 : volume udara (liter)

Konsumsi udara tiap menit (11)
$C_R = (1.031 + p) / 1.031$

dimana: C_R : rasio kompresi
p : tekanan (Pa/bar)

$Q1 = (\pi/4) \times d^2 \times h \times n \times C_R$
$Q2 = (\pi/4) \times (ds^2 - dp^2) \times h \times n \times C_R$

dimana: Q_1, Q_2 : konsumsi udara (liter)
C_R : rasio kompresi
p : tekanan (Pa/bar)
d : diemeter (mm)

3. METODE

3.1 Perancangan Konsep

Perancangan mesin cetak *paving block* dilakukan dengan metode pengumpulan hasil *survey* ke lapangan dan melakukan wawancara dengan para pengusaha di Desa Pegagan, Kecamatan Losarang, Indramayu. Bentuk rancangan disesuaikan dengan kemudahpakaian dan pemanfaatan teknologi tepat guna. Bentuk *paving block* yang akan dicetak adalah berbentuk segi enam. Setiap satu kali proses akan menghasilkan dua *paving block*.

Material yang digunakan dalam pernacangan ini adalah material berupa besi U dan plat baja St.37 dengan ketebalan minimal 10 mm. Rancangan yang dihasilkan praktis dan serta mudah untuk *loading* dan *unloading*. Proses perancangan ini menggunakan software 3D *Solidworks*.

3.2 Perencanaan dan Penentuan Pneumatik

3.2.1 Penentuan gaya tekan

Gaya tekan yang dibutuhkan untuk memadatkan material paving pada cetakan adalag sekitar 35-40 kg. Hal ini berdasarkan studi lapangan dan berdasarkan kekuatan pekerja rata-rata yang dipengaruhi oleh berat badan. Gaya yang digunakan adalah gaya maksimum yaitu 40 kg. Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka gaya tekan dalam perancangan mesin paving adalah sebesar (F) = 392.4 N.

3.2.2 Penentuan silinder pneumatik

Dalam sistem pneumatik, silinder menjadi bagian penting karena akan menentukan kekuatan dorong atau tekan pneumatik tersebut. Pemilihan diameter silinder dapat ditentukan berdasarkan persamaan (4), dengan tekanan kerja yang digunakan adalah 10 bar atau setara dengan 10^6 N/m2. Dari hasil perhitungan diameter tabung silinder didapat 25 mm, dengan diameter batang piston 10 mm.

3.2.3 Penentuan daya kompresor

Debit kompresor adalah jumlah udara yang harus dialirkan kedalam silinder pneumatik, dapat dihitung dengan persamaan (5) dan (6). Kecepatan piston direncanakan adalah 60 mm/detik dan diameter silinder 75 mm. Untuk menentukan daya kompresor, efisiensi yang tercapai adalah 0.8, sehingga didapatkan daya kompresor sebesar 1.5 Pk.

3.2.4 Penentuan kapasitas waktu kerja tekan

Perhitungan kapasitas tekan untuk mesin ini harus didahului dengan perhitungan waktu langkah maju dan waktu langkah balik yang sesuai dengan persamaan (7) dengan panjang langkah adalah 60 mm, sehingga didapatkan waktu total kerja adalah 0.26 detik.

3.2.5 Penentuan motor penggerak

Besarnya daya motor penggerak yang digunakan untuk menggerakkan kompresor adalah dengan menyesuaikan kebutuhan daya kompresor tersebut sebesar 1,2 kW dan efisiensi 0.95, maka daya penggerak dari kompresor tersebut adalah 1,058 kW

3.2.6 Penentuan gaya efek piston

Gaya piston yang ditentukan adalah gaya pada saat maju (Fa) sebesar 419 N dan gaya pada saat mundur (Fb) sebesar 412 N.

3.2.7 Penentuan konsumsi udara langkah piston

Pada saat piston bekerja maka ada udara yang dibutuhkan baik itu pada saat maju maupun mundur. Konsumsi udara total adalah 0.37 liter.

3.2.8 Penentuan konsumsi udara tiap menit

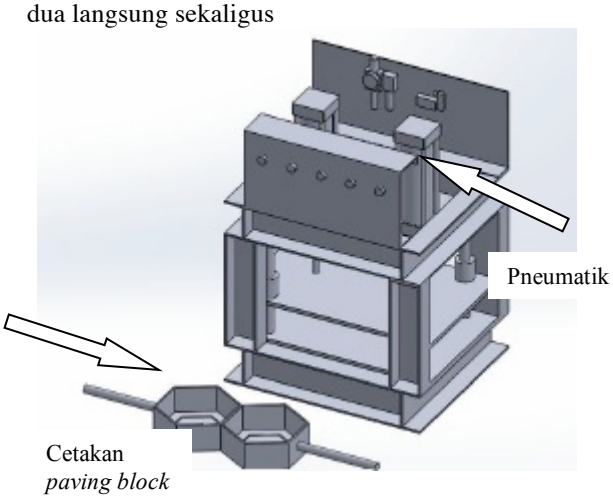
Penentuan konsumsi udara tiapa menit untuk piston harus terlebih dahulu menentukan perbandingan kompresi. Sehingga daidapatkan konsumsi udara untuk langkah maju sebesar 0.103 liter/menit, sdangkan untuk langkah mundur sebesar 0.087 liter/menit.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perancangan mesin cetak *paving block*

Hasil rancangan mesin *paving blok* yang bertujuan untuk merubah metode konvesional atau manual dapat dilihat pada Gambar 6. Hasil rancangan juga telah dilakukan simulasi gerakan dengan bantuan *software Solidworks* 2016 yang menyatakan bahwa rancangan bisa berfungsi dengan baik sesuai proses pemadatan *paving block*. Berdasarkan hasil rancangan dan hasil simulasi maka rancangan akan direalisasikan dengan proses produksi.

Hasil rancangan ini sesuai dengan pola kerja metode manual akan tetapi menghasilkan lebih *paving block* dua langsung sekaligus



Gambar 6. Hasil rancangan mesin cetak *paving block*

4.2 Perencanaan Sistem Pneumatik

Berdasarkan hasil perhitungan untuk menentukan sistem pneumatik, maka didapatkan sistem pneumatik dengan diameter silinder 25 mm dan diameter piston 10 mm. Hasil perencanaan sistem pneumatik yang digunakan dalam rancangan, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data perancanaan sistem pneumatik

Data	Nilai	Satuan
Gaya Tekan	392.4	N
Diameter Silinder	25	mm
Diameter Piston	10	mm
Daya Kompresor	1.5	Pk
Waktu Cetak	0.26	detik
Daya Motor	1.058	kW
Gaya Maju Piston	419	N
Gaya Mundur Piston	412	N
Konsumai Udara Maju	0.103	liter/menit
Konsumai Udara Maju	0.087	liter/menit

Hasil perhitungan dari persamaa 1-11 maka didapatkan sistem pneumatik yang digunakan untuk mesin cetak *paving block* dengan kapasitas dua cetakan dalam satu kali proses. Perhitungan ini sangat mempengaruhi dalam hasil perancangan dan memudahkan dalam pemilihan pneumatik sesuai dengan standar di pasaran.

4.3 Pembuatan mesin cetak *paving block*

Hasil rancangan mesin cetak paving block dibuat sesuai dengan perhitungan dan simulasi fungsi dengan menggunakan *software Solidworks* 2016. Mesin cetak *paving block* dapat dilihat pada Gambar 7-8. Cara kerja mesin *paving block* dapat dilihat pada Gambar 9.

Gambar 7. Mesin cetak *paving block* sebelum di finishing

Gambar 8. Mesin cetak *paving block* sesudah di finishing

Gambar 9. Proses kerja mesin cetak *paving block*

Cara kerja bahan baku (1) akan dimasukan ke dalam cetakan (2), kemudian plat baja (3) akan menekan cetakan jika pneumatik (4) diaktifkan dengan menekan tombol (5).

4.4 Pengujian mesin cetak *paving block*

Hasil pengujian mesin cetak *paving block* dengan sistem pneumatik dibandingkan dengan sistem manual atau konvensional dapat dilihat pada Tabel 2 -3. Hasil pengujian menjelaskan bahwa mesin cetak *paving blok* dapat meningkat produksi dan mempercepat waktu proses pembuatan *paving block*. Hasil pengujian menjelaskan aadnya peningkatan produkstivitas sebesar 60% dalam waktu satu hari kerja..

Tabel 2. Perbedaan Waktu Proses (menit)

Proses	Manual	Pneumatik
Persiapan alat dan bahan	10	3
Pengadukan material paving block	5	5
Proses pencetakan	3	1
Pemadatan material	3	2
Pengecekan kepadatan	3	-
Pelepasan paving block (unloading)	2	-
Total	25	11

Tabel 3. Hasil Produksi 1 Hari (8 jam/hari)

Proses	Manual
1. Waktu produksi 1 kali proses cetak adalah = 10 menit (dikurangi waktu persiapan alat dan pengadukan bahan). 2. Hasil produksi dalam satu hari kerja (8 jam kerja sehari) = (8x60 menit)/10 menit = 48 paving block ~ 48 paving block dalam 1 hari	1. Waktu produksi 1 kali proses cetak adalah = 4 menit (dikurangi waktu persiapan alat dan pengadukan bahan). 2. Hasil produksi dalam satu hari kerja (8 jam kerja sehari) = (8x60 menit)/4 menit = 120 paving block dalam 1 hari
1 hari = 48 pcs	1 hari = 120 pcs

5. KESIMPULAN

Perancangan dan pembuatan mesin cetak yang sesuai dengan kaidah perancangan dan perhitungan sistem pneumatik dapat disimpulkan bahwa pneumatik yang digunakan adalah pneumatik dengan diameter silinder 25 mm dan diameter piston 10 mm. Pemilihan ini berdasarkan pada standar pada FESTO yang merupakan pemasok pneumatik yang bersertifikasi dengan baik.

Mesin cetak *paving block* dapat meningkatkan kapasitas produksi karena, (1) terdapat perbedaan alur proses pembuatan *paving block* dengan menggunakan mesin cetak sistem pneumatik dari enam tahapan proses menjadi empat tahapan proses, (2) waktu proses dengan menggunakan mesin cetak *paving block* menjadi lebih cepat dibandingkan dengan proses manual yaitu dari 25 menit menjadi 11 menit. Efisiensi waktu yang didapatkan adalah 52% lebih cepat dan (3) hasil produktivitas meningkat menjadi 60% dalam waktu 1 hari kerja (8 jam kerja/ shift normal

Saran untuk pengembangan pengabdian kepada masyarakat selanjutnya adalah bagaimana merancang dan membuat mesin cetak dengan penambahan jumlah cetakan dalam satu kali cetak dan penggunaan sistem hidrolik untuk membantu pemadatan agar lebih efektif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimaskih kepada pihak yang telah membantu sehingga pengabdian ini bisa terlaksana dengan baik terutama kepada pengusaha *paving block* di Desa Pegagan, Kecamatan Losarang, Kabupaten Indramayu.

DAFTAR PUSTAKA

[1] http://indonusa-conblock.com/paving-block-adalah/ diunduh tanggal 19 Mei 2018

[2] E. Rommel, "Teknologi Pembuatan Paving Block Dengan Material FCA (Fine Coarse Aggregate)," *GAMMA Volume IV. Nomor 2,* pp. 110-116, Maret 2009.

[3] S. Sebayang, I. W. Diana and A. Purba, "Perbandingan Mutu Paving Block Produksi Manual Dengan Produksi Masinal," *Jurnal Rekayasa Vol. 15 No 2,* Agustus 2011.

[3] P. Croser and F. Ebel, "Pneumatics Basic Level," in *Pneumatics Basic Level*, Denkendorf, Festo Didactic GmbH, 2002.

[4] A. Barber, Pneumatic Handbook, Elsevier Science & Technology Books, 1997.

[5] P. Beater, Pneumatic Drives, System Design, Modelling and Control, New York: Springer, 2006.