



**PEMANFAATAN LIMBAH TEMPURUNG KELAPA  
SAWIT UNTUK PEMBUATAN PAVING BLOCK**

**SKRIPSI**

disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Pendidikan Universitas Negeri Semarang

oleh

**Dwi Deden Triyono**

**5101403009**

**Pendidikan Teknik Bangunan**

PERPUSTAKAAN  
**UNNES**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2010**

## PENGESAHAN KELULUSAN

Skripsi dengan judul “Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa Sawit Untuk Pembuatan Paving Block”, telah dipertahankan dihadapan Sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, oleh:

Nama : Dwi Deden Triyono

NIM : 5101403009

pada:

Hari : Kamis

Tanggal : 18 Maret 2010

### Panitia Ujian Skripsi

Ketua

Sekretaris

Ir. H. Agung Sutarto, MT  
NIP. 19610408 199102 1001

Aris Widodo, S.Pd, MT  
NIP. 19710207 199903 1 001  
Anggota Penguji

Pembimbing I

1. Eko Nugroho Julianto, S.Pd, MT  
NIP. 19720702 199903 1 002

Drs. Tugino ,MT  
NIP. 19600412 198803 1 001

2. Drs. Tugino ,MT  
NIP. 19600412 198803 1 001

Pembimbing II

Mego Purnomo, ST ,MT  
NIP. 1960408 199102 1001

3. Mego Purnomo, ST ,MT  
NIP. 1960408 199102 1001

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Semarang

Drs. Abdurrahman, M.Pd  
NIP 19600903 198503 1 002

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis dalam skripsi ini benar-benar hasil karya sendiri, bukan jiplakan dari karya tulis orang lain. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, Maret 2010

Penulis,

Dwi Deden Triyono

NIM. 5101403009



## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang Panitia  
Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang pada:

Hari : Kamis

Tanggal : 18 Maret 2010

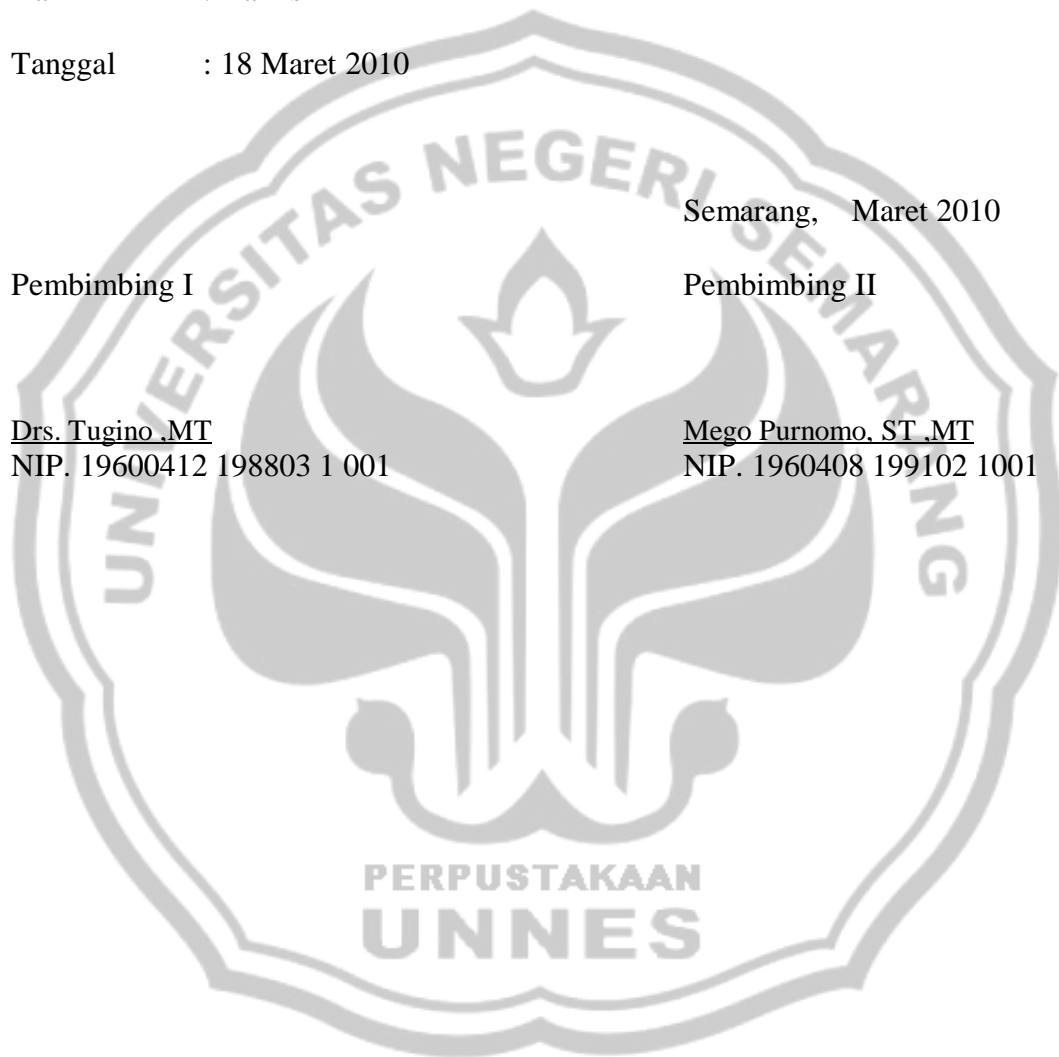
Semarang, Maret 2010

Pembimbing I

Pembimbing II

Drs. Tugino, MT  
NIP. 19600412 198803 1 001

Mego Purnomo, ST, MT  
NIP. 1960408 199102 1001



## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### MOTTO

- ☞ Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai dari suatu urusan, kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain dan hanya kepada Tuhanlah hendaklah kamu berharap (Alam Nasyroh: 6-8).

### PERSEMBAHAN

- ☞ Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang melimpahkan rahmat dan hidayahnya kepada kita semua
- ☞ Untuk Bapak dan Ibu ku tercinta yang telah merawat, mendidik memberikan kasih sayang, dan tak pernah henti mendoakan aku.
- ☞ Kakak, adik serta keponakanku tercinta. Bp.Surono sekeluarga, Margianto Sekeluarga dan keluarga Solo yang telah banyak memberikan dukungan moril/materil dalam setiap perjuanganku
- ☞ Nunung Maria yang tak henti-hentinya menyemangatiku ^-^
- ☞ Sahabat-sahabatku Santo, Sulaiman, Hani, Sapto, Bowo, Kambing serta Irawan Cost tercinta.
- ☞ Desy poto copy & flip-plop.
- ☞ Teman-Teman seperjuangan PTB dan Almamater.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah memberi rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa Sawit Untuk Pembuatan Paving Block.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak dapat tersusun dengan baik tanpa bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Sudjiono Sastroatmojo, M.Si, Rektor UNNES
2. Drs. Abdurrahman, M.Pd, Dekan Fakultas Teknik UNNES.
3. Ir. H. Agung Sutarto, MT, Ketua Jurusan Teknik Sipil .
4. Aris Widodo, S.Pd, MT, Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan.
5. Drs. Tugino ,MT sebagai dosen pembimbing I yang telah dengan sabar membimbing dan memberi petunjuk serta pengarahan selama penulisan skripsi ini.
6. Mego Purnomo, ST ,MT sebagai dosen pembimbing II yang telah dengan sabar membimbing dan memberi petunjuk serta pengarahan selama penulisan skripsi ini.
7. Toko Bahan Bangunan Sumber Maju Broto Joyo Semarang, Tempat pencetakan paving block.
8. Semua pihak yang tidak mungkin disebutkan satu persatu atas bantuannya selama dilaksanakannya penelitian sampai selesainya penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan, untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis bersedia menerima kritik dan saran demi sempurnanya skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak.

Semarang, Maret 2009

Dwi Deden Triyono

## SARI

Triyono Dwi Deden. 2010. "*Pemanfaatan Limbah tempurung Kelapa Sawit Untuk Pembuatan Paving Block*". Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing I Drs. Tugino M.T, Pembimbing II Mego Purnomo, S.T, M.T.

**Kata kunci : Tempurung Kelapa Sawit, Paving Block, Kuat Tekan, Serapan Air.**

Sejalan dengan meningkatnya kegiatan pembangunan dan banyaknya penggunaan paving block sebagai bahan bangunan, perlu dilakukan upaya untuk mendapatkan bahan pengisi yang dapat digunakan sebagai agregat dalam pembuatan paving block. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan atau dimanfaatkan adalah limbah dalam industri minyak kelapa sawit yaitu tempurung kelapa sawit. Tempurung kelapa sawit merupakan limbah yang belum dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat dan hanya dimanfaatkan sebagian kecil kebutuhan saja, misalnya sebagai bahan untuk membuat arang, agar pemanfaatan tempurung kelapa sawit menjadi optimal perlu adanya penelitian tentang pemanfaatan tempurung kelapa sawit khususnya sebagai bahan pengisi pada paving block. Limbah tempurung kelapa sawit diambil dari pabrik pengolahan minyak kelapa sawit di PTPN V Sei Pagar Pekanbaru, Riau. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik bahan paving block dan mengetahui kuat tekan, serapan air akibat penambahan limbah tempurung kelapa sawit. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen, paving block dibuat dengan ukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm dengan bahan pasir muntlan, semen holcim type I ukuran 40 kg dan limbah tempurung kelapa sawit dari pabrik pengolahan minyak kelapa sawit PTPN V Sei Pagar Pekanbaru, Riau. Benda uji penelitian dibuat dengan 6 perlakuan variasi campuran tempurung kelapa sawit yaitu 0%; 5%; 10%; 15%; 20% dan 25% terhadap volume pasir. Pengujian air, semen, pasir, limbah tempurung kelapa sawit, kuat tekan paving block dan serapan air dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Standar yang digunakan pada penelitian ini adalah campuran adukan untuk mutu paving block kelas III. Hasil pengujian pasir didapat gradasi pasir masuk zona II. Hasil gradasi tempurung kelapa sawit didapat masuk dalam agregat halus. Hasil pengujian kuat tekan paving block dengan variasi campuran TKS 0% ; 5% ; 10% ; 15% ; 20% dan 25% terhadap volume pasir rata-rata sebesar 311.8 kg/cm<sup>2</sup> ; 277.5 kg/cm<sup>2</sup> ; 249.6 kg/cm<sup>2</sup> ; 215.7 kg/cm<sup>2</sup> ; 182.3 kg/cm<sup>2</sup> ; 116.8 kg/cm<sup>2</sup>. Hasil pengujian serapan air paving block dengan variasi campuran TKS 0% ; 5% ; 10% ; 15% ; 20% dan 25% terhadap volume pasir rata-rata sebesar 5.56% ; 5.89% ; 6.45% ; 6.92% ; 8.89% ; 10.55%. Paving block dengan campuran substitusi TKS 0% ; 5% ; 10% ; 15% terhadap volume pasir masih masuk kuat tekan standar, sedangkan campuran TKS 20% dan 25% terhadap volume pasir tidak memenuhi kuat tekan persyaratan/standar.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING .....	ii
PENGESAHAN KELULUSAN.....	iii
PERNYATAAN .....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
SARI .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Batasan Masalah .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b>	
2.1 Kajian Pustaka .....	7
2.1.1 Pengertian Paving Block .....	7
2.1.2 Bahan Pembuat Paving Block .....	11
2.1.3 Limbah Kelapa Sawit .....	19
2.2 Kerangka Berpikir .....	23
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Populasi .....	25
3.2 Sempel .....	26
3.3 Variabel Penelitian .....	26
3.4 Prosedur Penelitian .....	27



**BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

4.1 Pasir Muntilan .....	38
4.2 Tempurung Kelapa Sawit .....	39
4.3 Kuat Tekan Paving Block .....	40
4.4 Resapan Air .....	43

**BAB V. PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	46
5.2 Saran .....	47

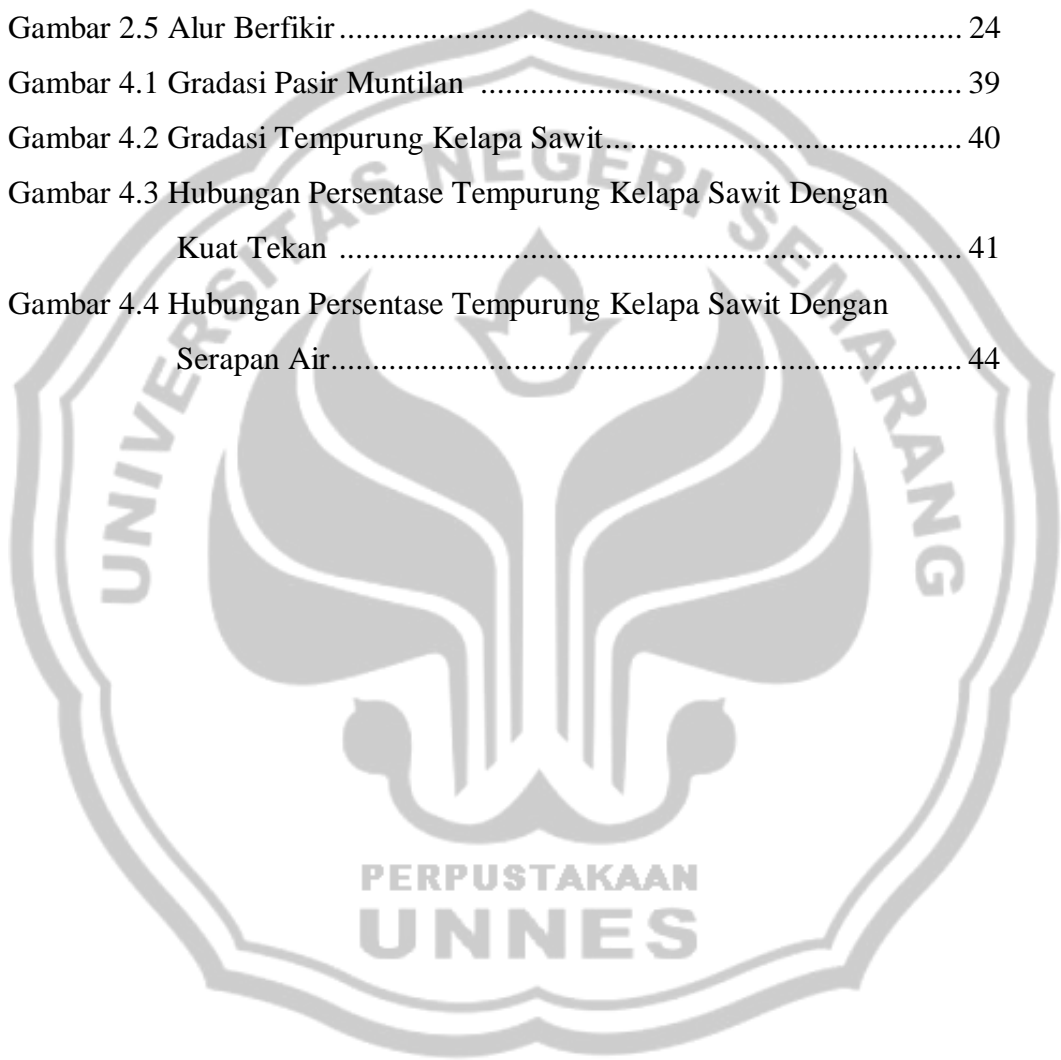
DAFTAR PUSTAKA .....	49
----------------------	----

**LAMPIRAN-LAMPIRAN**



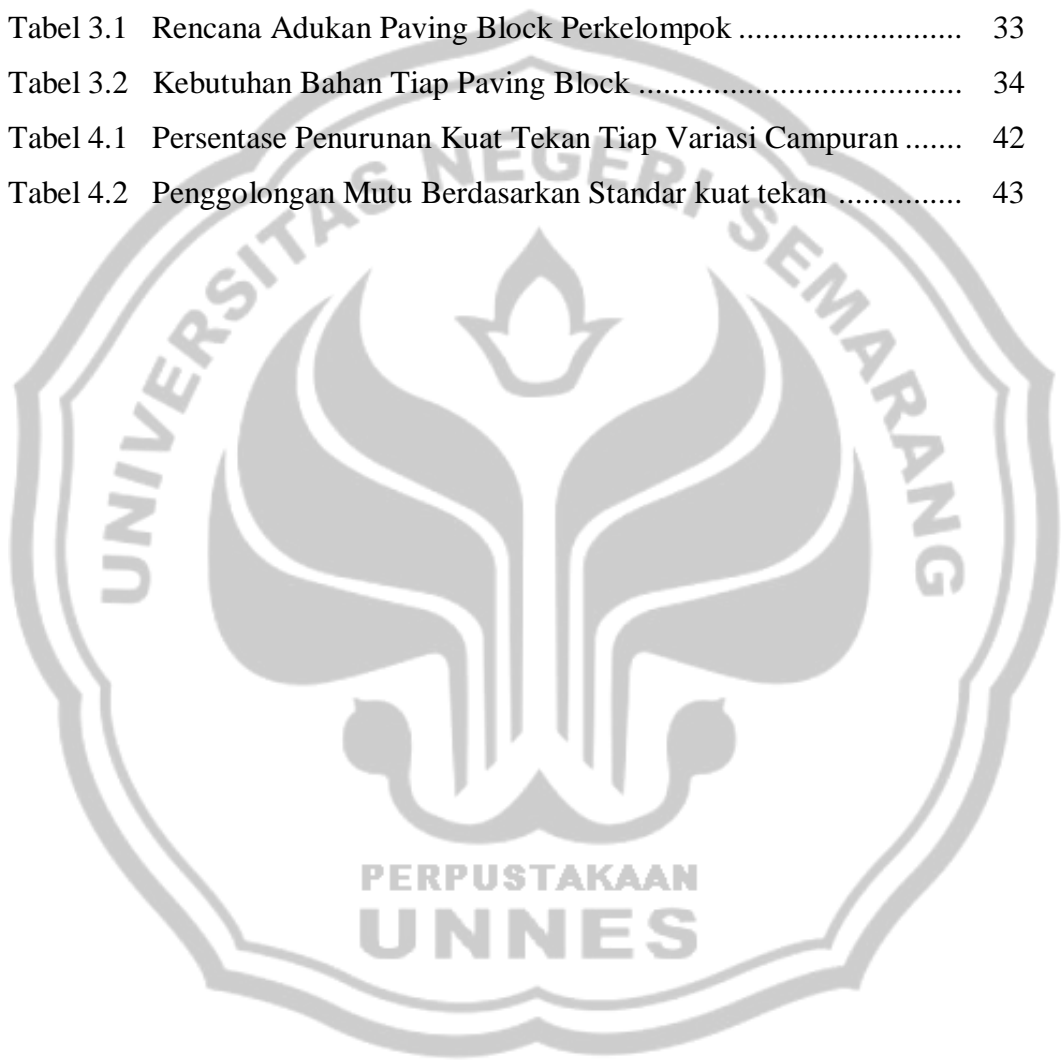
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kuat Tekan Paving Block .....	10
Gambar 2.2 Porositas Paving Block .....	10
Gambar 2.3 Komulatif Lolos Ayakan .....	15
Gambar 2.4 Limbah TKS .....	20
Gambar 2.5 Alur Berfikir .....	24
Gambar 4.1 Gradasi Pasir Muntilan .....	39
Gambar 4.2 Gradasi Tempurung Kelapa Sawit.....	40
Gambar 4.3 Hubungan Persentase Tempurung Kelapa Sawit Dengan Kuat Tekan .....	41
Gambar 4.4 Hubungan Persentase Tempurung Kelapa Sawit Dengan Serapan Air.....	44



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Syarat Mutu Paving Block .....	9
Tabel 2.2	Persen Berat Butir yang lewat Ayakan.....	15
Tabel 2.3	Characteristic Of Oil Palm Shell.....	21
Tabel 2.4	Characteristic Of Oil Palm Shell.....	22
Tabel 3.1	Rencana Adukan Paving Block Perkelompok .....	33
Tabel 3.2	Kebutuhan Bahan Tiap Paving Block .....	34
Tabel 4.1	Persentase Penurunan Kuat Tekan Tiap Variasi Campuran .....	42
Tabel 4.2	Penggolongan Mutu Berdasarkan Standar kuat tekan .....	43



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Hasil Pengujian Berat Jenis Pasir Muntitan .....	51
Lampiran 2	Hasil Pengujian Gradasi Pasir Muntitan .....	52
Lampiran 3	Hasil Pengujian Berat Jenis Tempurung Kelapa Sawit.....	53
Lampiran 4	Hasil Pengujian Gradasi Tempurung Kelapa Sawit .....	54
Lampiran 5	Rencana Mix Design Paving Block .....	55
Lampiran 6	Hasil Pengujian Kuat Tekan Paving Block .....	56
Lampiran 7	Hubungan Antara Persentase Tempurung Kelapa Sawit Dengan Kuat Tekan .....	57
Lampiran 8	Hasil Pengujian Resapan Air Paving Block .....	58
Lampiran 9	Hubungan Antara Persentase Tempurung Kelapa Sawit Dengan Resapan Air .....	59
Lampiran 10	SNI 03-2493-1993.....	60
Lampiran 11	Dokumentasi Penelitian .....	61
Lampiran 12	Surat Izin Penelitian .....	63

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang.

Di Indonesia banyak terdapat kebun kelapa sawit baik milik pemerintah, swasta ataupun rakyat. Sampai akhir tahun 1996 luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia telah mencapai 2 juta ha dengan penambahan luas sekitar 8,5% per tahun sejak tahun 1993 (*Dirjen Perkebunan 1996 dalam Solichin dan Tedjaputra 2004*). Pada tahun 1995 luas perkebunan kelapa sawit adalah 2.025 juta ha dan diperkirakan pada tahun 2005 luas perkebunan menjadi 2.7 juta ha. Untuk penanganan dan menampung limbah tersebut pihak industri telah memberi tempat khusus diluar area, namun bila dibiarkan begitu saja secara terus-menerus maka akan memenuhi area industri dan mengganggu proses produksi. Limbah kelapa sawit baik berupa limbah cair maupun padat masih sangat melimpah. Dengan demikian perlu diadakan penanganan limbah tempurung kelapa sawit secara serius agar permasalahan pencemaran lingkungan akibat limbah dari produksi pabrik minyak kelapa sawit dapat diminimalisir.

Limbah hasil olahan pabrik minyak kelapa sawit yang tergolong belum mendapatkan perhatian yang cukup besar dari masyarakat sekitar, tandon atau kulit buahnya hanya sebatas digunakan sebagai bahan bakar biodisel, dan untuk tempurungnya hanya digunakan sebagai bahan bakar untuk kebutuhan rumah tangga dan sebagai bahan pembuatan arang aktif, limbah kelapa sawit baik berupa

limbah cair maupun padat masih sangat melimpah. (*Kompas:5 Agustus 2006*) di Propinsi Jambi misalnya, volume produksi limbah kelapa sawit rata-rata 50 ton/hari atau 1500 ton/bulan. Selama ini komoditas itu dianggap sampah, sehingga tidak dimanfaatkan. Selain itu, tempurung kelapa sawit hanya dimanfaatkan untuk sebagian kecil kebutuhan saja, misalnya sebagai bahan bakar pembuatan minyak kelapa sawit itu sendiri, pembuatan arang aktif dan sebagai pengeras jalan, meskipun demikian masih menyisakan limbah tempurung kelapa sawit yang cukup banyak.

Dari data yang ada diketahui bahwa pada tahun 2002 di Sumatra Utara terdapat 19 pabrik pengolahan CPO yang memiliki kapasitas produksi mencapai 1130 ton/jam, bahkan dalam beberapa tahun ke depan perkembangannya akan semakin pesat. Dari nilai produksi tersebut, sekitar 7% merupakan limbah berupa TKS yang berarti setiap jamnya mampu menghasilkan 79 ton limbah TKS. Lima puluh persen limbah yang berasal dari pabrik pengolahan CPO tersebut digunakan sebagai bahan bakar *boiler* (IPORI 2002 dalam Solichin dan Tedjaputra 2004), sisanya biasanya digunakan sebagai bahan campuran pengeras jalan atau hanya dibakar. Dengan begitu besarnya limbah TKS yang ada tersebut cukup besar yaitu sekitar 40 ton TKS/jam atau sekitar 800 ton/hari.

Pemberdayaan sumber daya lokal dapat berupa pemanfaatan sampah maupun limbah. Pemanfaatan sampah maupun limbah disamping dapat mengurangi pencemaran lingkungan juga dapat digunakan sebagai alternatif pengganti bahan bangunan yang sudah ada. Salah satu sampah atau limbah yang

akan dimanfaatkan adalah limbah dari industri minyak kelapa sawit yang berupa tempurung kelapa sawit.

Merujuk dari penelitian sebelumnya (*Subiyanto et al. 2005*) beton ringan berbahan baku cangkang, Penggunaanya masih terbatas pada campuran pembuatan beton ringan. Kemungkinan lain tempurung kelapa sawit dapat digunakan sebagai bahan campur pembuatan paving block.

Melihat pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh produksi pabrik minyak kelapa sawit dan potensi pemanfaatan limbah tempurung kelapa sawit yang belum maksimal, maka perlu diusahakan untuk memanfaatkannya, khususnya sebagai bahan bangunan yang kiranya dapat mengatasi masalah pencemaran lingkungan. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu adanya penelitian tentang pemanfaatan limbah tempurung kelapa sawit sebagai bahan substitusi agregat dalam pembuatan paving block yang ramah lingkungan dengan judul “Pemanfaatan Limbah tempurung kelapa sawit untuk Pembuatan Paving Block”.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan uraian diatas timbul permasalahan yang menarik untuk diteliti yaitu :

1. Berapa besar kuat tekan paving block dengan substitusi tempurung kelapa sawit dari limbah pabrik minyak kelapa sawit?
2. Berapa besar penyerapan air paving block bila menggunakan bahan substitusi tempurung kelapa sawit dari limbah pabrik minyak kelapa sawit?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui karakteristik bahan penelitian, yang meliputi: pengujian gradasi dan berat jenis pasir, berat jenis dan gradasi limbah TKS
2. Mengetahui kuat tekan dan serapan air paving block dengan penambahan TKS sebagai bahan substitusi agregat pada pembuatan paving block.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan masyarakat diantaranya adalah :

1. Sebagai salah satu sumbangan dalam pengembangan ilmu pengetahuan, sehingga menambah wawasan khususnya pada bahan paving block.
2. Sebagai bahan masukan kepada masyarakat sekitar pabrik minyak kelapa sawit tentang pemanfaatan tempurung kelapa sawit sebagai bahan dalam pembuatan paving block.

### **1.5 Batasan Masalah**

Data yang diharapkan dari penelitian ini, yaitu : kuat tekan dan penyerapan air paving block dengan bahan tempurung kelapa sawit. Macam dan jenis penelitian ini dibatasi pada permasalahan sebagai berikut :

1. Pengujian terhadap paving block meliputi kuat tekan dan penyerapan air.



2. Limbah tempurung kelapa sawit yang digunakan limbah pabrik minyak kelapa sawit PTPN V Sei Pagar Pekanbaru Riau.
3. Air yang digunakan adalah air yang berada disekitar lokasi tempat pembuatan benda uji. Toko Bahan Bangunan Sumber Makmur Brotojoyo Semarang Jl. Broto Joyo Semarang.
4. Pasir yang digunakan adalah pasir muntilan.
5. Semen yang digunakan adalah semen merk Holcim kemasan 40 kg.
6. Konsentrasi penambahan suptitisi tempurung kelapa sawit dengan perbandingan volume campuran 1Pc : 5Ps : 0TKS (sebagai kelompok eksperimen 1), 1Pc : 4.75Ps : 0.25TKS (kelompok eksperimen 2), 1Pc : 4.50Ps : 0.50TKS (kelompok eksperimen 3), 1Pc : 4.25Ps : 0.75TKS (kelompok eksperimen 4), 1Pc : 4Ps : 1TKS (kelompok eksperimen 5) dan 1Pc : 3.75Ps : 1.25TKS (kelompok eksperimen 6).
7. Pengujian terhadap paving block dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari.
8. Untuk kuat tekan rencana paving block dalam mutu kelas III.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Urutan pokok permasalahannya maupun pembahasannya yang akan diuraikan dalam skripsi ini adalah :

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Dalam bab ini penulis menguraikan latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

**BAB II : KAJIAN PUSTAKA**

Dalam kajian pustaka menguraikan tentang identitas paving block, bahan pembuatan paving block dan limbah tempurung kelapa sawit.

**BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Menjelaskan tentang Populasi, sampel, variabel penelitian, metode penelitian, prosedur penelitian, teknik pengambilan sampel, metode pengambilan data, dan analisis data.

**BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Bab IV ini merupakan lanjutan dari bab sebelumnya, yaitu pelaksanaan pengolahan data yang telah diperoleh dari hasil pengujian yang telah dilaksanakan dengan disertakan grafik-grafik untuk memperjelas hasil penelitian.

**BAB V : PENUTUP**

Bab V ini merupakan bab terakhir atau bab penutup dari skripsi yang berisi kesimpulan dan saran-saran dengan tujuan yang baik untuk kemajuan ilmu pengetahuan.

## **BAB 2**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

##### **2.1.1 Pengertian Paving Block**

Paving block merupakan bahan bangunan yang digunakan sebagai perkerasan permukaan jalan, baik jalan untuk keperluan pelataran, parker kendaraan, jalan raya, ataupun untuk keperluan dekoratif pada pembuatan taman. Menggunakan mesin cetak manual atau mesin cetak getar tekan (Pt T-01-2000-C, hal. 100). Paving block di buat sedemikian rupa sehingga dapat digunakan sebagai bahan untuk menutup halaman, trotoar, areal parkir, pertamanan, tempat rekreasi dan sebagainya.

Menurut (SNI-03-0691-1989) pengertian paving block adalah : Bata beton untuk lantai (paving block) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidraulis sejenis, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton. Bata beton lantai berwarna seperti aslinya atau dapat diberi zat warna pada komposisinya dan digunakan untuk lantai, baik lantai di dalam maupun di luar bangunan.

Pendapat Dudung Kusmara (1997) dalam Satya (2002), paving block adalah batu cetak berbentuk tertentu yang dipakai sebagai bahan penutup halaman tanpa memakai aduk pasangan (mortar), pengikatan terjadi karena masing-masing batu cetak saling mengunci satu sama lain, sehingga daya serap air dari tanah

dibawahnya tetap terjamin dan kemungkinan menggenangnya air di halaman dapat dikurangi.

Selain sebagai penutup permukaan tanah dan peresapan air, paving block merupakan alternatif baru sebagai sistem perkerasan. Kekuatan paving block yang terpasang di atas permukaan tanah ditentukan oleh dua hal, yaitu :

- 1) Kuat tekan masing-masing elemen paving block yang terbuat dari beton dengan mutu tertentu.
- 2) Gesekan antar elemen paving block yang dapat terjadi dengan adanya pasir sebagai bahan pengisi di antara sela-sela paving block.

Menurut Andriati (1996:55), persyaratan ketebalan paving block pada umumnya adalah sebagai berikut :

- 1) 6 cm, digunakan untuk beban lalu lintas ringan dengan frekuensi terbatas, misalnya : sepeda motor, pejalan kaki.
- 2) 8 cm, digunakan untuk beban lalu lintas sedang atau berat dan padat frekuensinya, misalnya : mobil, pick up, truk, bus.
- 3) 10 cm, digunakan untuk beban lalu lintas super berat, misalnya : tronton, loader, crano.

Menurut (SNI-03-0691-1989), syarat mutu bata beton (paving block) sebagai berikut :

- 1) Sifat tampak

Bata beton untuk lantai mempunyai bentuk sempurna tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudutnya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.

## 2) Bentuk dan Ukuran

Bentuk dan ukuran bata beton untuk lantai dapat tergantung dari persetujuan antara konsumen dan produsen. Penyimpangan tebal bata beton (paving block) diperkenankan  $\pm 3$  mm.

## 3) Sifat Fisis

Bata beton untuk lantai harus mempunyai kekuatan fisis seperti pada tabel di bawah ini.

**Tabel 2.1.** Syarat Mutu Paving Block

Mutu	Kuat tekan rata-rata (Kg/cm)	Kekuatan aus rata-rata (mm/menit)	Penyerapan air
I	400	0.090	3
II	300	0.130	5
III	200	0.160	7

Persyaratan mutu paving block (Pultisbang, DPU, Bandung, 1999) sedangkan menurut andrinti (1996:55) .

Paving block mempunyai banyak keuntungan antara lain mudah dalam pemasangan dan pemeliharaan, dapat diproduksi secara mekanis, semi mekanis, manual, serta ukuran lebih terjamin dan tersedia dalam berbagai bentuk dan ukuran, tidak mudah terpengaruh cuaca dan lain-lain.

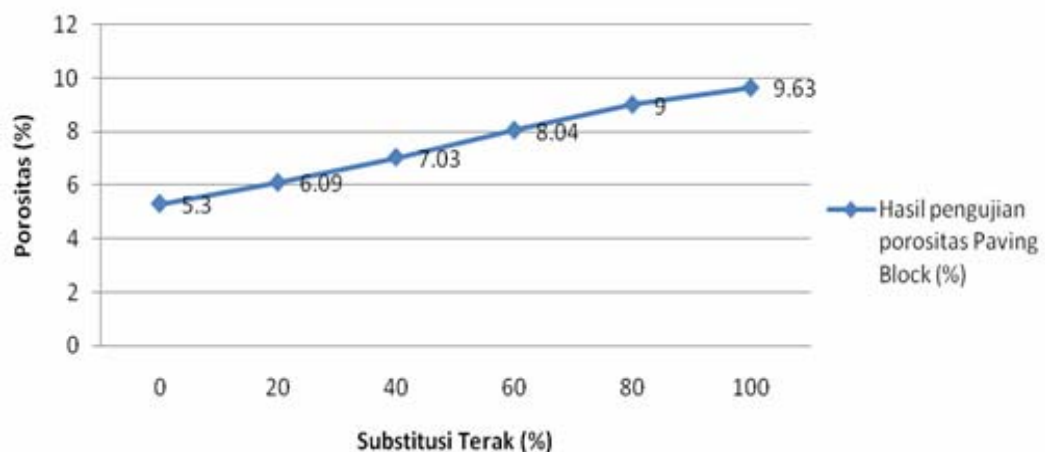
Berdasarkan penelitian arianto (2005) paving block yang menggunakan terak sebagai bahan substitusi pasir dengan perbandingan terak 20% dari pasir dihasilkan kuat tekan rata-rata 185,62 kg/cm, perbandingan terak 40 % di hasilkn

kuat tekan rata-rata 167,034 kg/cm, dan pada perbandingan terak 100 % di hasilkan kuat tekan rata- rata 131,150 kg/cm. seperti terlihat pada gambar 2.1



**Gambar 2.1.** Kuat Tekan Paving Block.

Sedangkan peningkatan porositas paving block dari 0% terak besar 5,285%, 20% terak besar 6,88%, 40% terak besar 7,251%, 60% terak besar 8,039%, 80% terak besar 9,002% serta 100% terak besar 9,625% seperti terlihat gambar 2.2.



**Gambar 2.2.** Porositas Paving Block.

Sedangkan menurut Nadhiroh (1992) kuat tekan paving block dengan menggunakan campuran terak dengan perbandingan 1 semen : 1 slag : 1 pasir, diperoleh kuat tekan sebesar 548,65 kg/cm<sup>2</sup> dengan memakai slag peleburan besi sedangkan dalam

perbandingan 1 semen : 4 slag : 1 pasir, diperoleh kuat tekan sebesar 200,51 kg/cm<sup>2</sup> dengan memakai slag nikel.

### **2.1.2 Bahan Pembuatan Paving Block**

Kualitas paving block ditentukan oleh bahan dasar, bahan tambahan, proses pembuatan, dan alat yang digunakan. Semakin baik mutu bahan bakunya, komposisi perbandingan campuran yang direncanakan dengan baik, proses pencetakan dan pembuatan yang dilakukan dengan baik akan menghasilkan paving block yang berkualitas baik pula.

Bahan-bahan pokok paving block adalah semen, pasir, air dalam proporsi tertentu. Tetapi ada juga paving block yang memakai bahan tambahan misalnya kapur, gips, tras, abu layang, abu sekam padi dan lain-lain. Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan paving block adalah sebagai berikut:

#### **2.1.2.1 Semen**

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dari penggilingan klinker yang kandungan utamanya *calcium silicate* dan satu atau dua buah bentuk calcium sulfat sebagai bahan tambahan (PT. Semen Padang 1995).

Fungsi semen adalah untuk merekatkan butir-butir agregat terjadi suatu masa yang kompak atau padat, semen kira-kira mengisi 10% dari volume beton. Perbedaan susunan kimia maupun kehalusan butir-butirnya sesuai dengan tujuan pemakaiannya, menurut SNI 15-2049-1994 semen Portland dibagi menjadi 5 jenis yaitu:

Jenis 1: Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain

Jenis 2: Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.

Jenis 3: Semen portland yang dalam penggunaannya menurut persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah proses pengikatan terjadi.

Jenis 4: Semen portland yang dalam penggunaannya menurut persyaratan panas hidrasi yang tinggi.

Jenis 5: Semen portland yang dalam penggunaannya menurut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Semen Portland terdiri dari oksida kapur( $\text{CaO}$ ), oksida silica ( $\text{SiO}_2$ ) Oksida alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), dan oksida besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Kandungan dari keempat oksida kurang lebih 95% dari berat semen dan biasanya disebut “major oxides”, sedangkan sisanya sebanyak 5% terdiri dari oksida magnesium dan oksida lain.

PT. Semen Padang (1995) menyatakan bahwa sifat-sifat semen menurut pemakaian meliputi:

1. Hidrasi semen

Apabila air ditambahkan kedalam semen Portland maka akan terjadi reaksi antara komponen semen dengan air yang dinamakan hidrasi. Reaksi hidrasi tersebut menghasilkan senyawa dihidrat dalam bentuk *cement gel*.

2. Setting (pengikatan ) dan *Hardening* (Pengerasan).

Sifat pengikatan pada adonan semen dengan air dimaksudkan sebagai gejala terjadinya kekakuan pada adonan. Dalam prakteknya sifat ikat ini ditujukan



dengan waktu pengikatan yaitu waktu mulai dari adonan terjadi sampai mulai terjadi kekakuan.

- (1) Pengaruh kualitas semen terhadap kuat tekanan beton
- (2) Sifat yang mempengaruhi kuat tekan beton adalah kehalusan semen dan komposisi kimia semen.

- (a) Kehalusan semen.

Makin halus semen atau partikel-partikel semen akan menghasilkan kekuatan tekan yang tinggi, karena makin luasnya permukaan yang bereaksi dengan air dan kontak dengan agregat.

- (b) Komposisi kimia.

Makin besar kandungan  $C_3A$  cenderung akan menghasilkan *setting time* yang pendek, sedangkan semakin besar kandungan *gypsum* di dalam semen akan menghasilkan *setting time* yang panjang. Makin besar kandungan  $C_3A$  akan menghasilkan panas yang tinggi sehingga pengerasan berjalan cepat sedangkan semakin besar  $C_2S$  akan menghasilkan proses pengerasan yang berjalan lambat.

### 2.1.2.2 Agregat

#### 1) Umum

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% volume mortar atau beton. Walaupun hanya sebagai pengisi akan tetapi agregat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau beton. Agregat anorganik dan agregat organik (Balai Penelitian Ujung Pandang :1996).

a. Agregat Anorganik

Agregat dari golongan ini dapat berupa agregat alam atau buatan yang bahan bakunya berasal dari bahan galian. Jenis dari agregat ini yang banyak digunakan untuk menghasilkan unsure bangunan beton antara lain:

- Pasir, kerikil dan batu pecah
- Tras atau pozoland
- Tanah stabilisasi
- Kapur
- Alwa
- Kwarsa
- Batu apung
- Serat asbes

b. Agregat organik

Pada umumnya agregat organik berasal dari tumbuh-tumbuhan, limbah industri hasil pertanian, limbah industri tekstil, limbah industri pengolahan kayu dan lain-lainya. Persyaratan agregat organik untuk tujuan pembuatan komponen bahan bangunan memerlukan pengolahan terlebih pendahuluan yang disebut proses mineralisasi. Proses ini diperlukan untuk mengurangi kadar zat ekstraktif seperti gula, tannin dan asam-asam organik dari tumbuh-tumbuhan agar daya lekatan dan pengerasan semen tidak terganggu.

2) *Gradasi Agregat*

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butir-butirnya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil, hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang besar

sehingga pori-porinya menjadi sedikit, dengan kata lain kemampuan tinggi. Sebagai pernyataan gradasi dipake nilai presentasi dari bberat butiran yang tertinggal atau lewat di dalam ayakan dengan lubang 76 mm, 38 mm, 19 mm, 9.6 mm, 4.80 mm, 2.40 mm, 1.2 mm, 0.60 mm, 0.30 mm, 0.15 mm. menurut (SK SNI-T-15-1990-03) kekasaran pasir dapat dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya seperti pada tabel 2.3 dan gambar 2.3.

**Tabel 2.2.** Persen berat butir yang lewat ayakan

Lubang ayakan (mm)	Daerah 1	Daerah 2	Daerah 3	Daerah 4
100	100	100	100	100
90-100	90-100	90-100	90-100	95-100
60-95	75-100	85-100	95-100	95-100
30-75	55-90	75-100	90-100	90-100
15-34	35-59	60-79	80-100	80-100
30-75	8-30	12-40	15-50	15-50
15-34	0-10	0-10	0-10	0-15

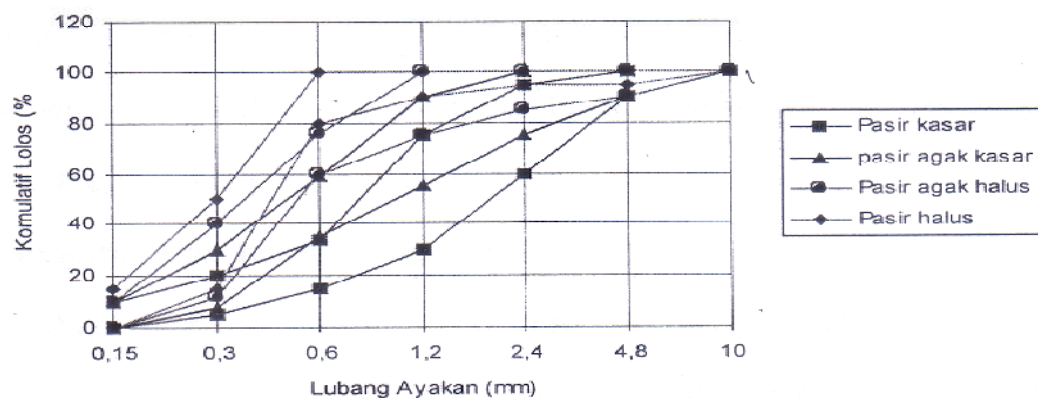
SK SNI – T- 15-1990-03

Ket :Daerah 1 = Pasir kasar

Daerah 2 = Pasir agak kasar

Daerah 3 = Pasir agak halus

Daerah 4 = Pasir halus



**Gambar 2.3.** Komulatif Lolos Ayakan

### 3) *Berat Jenis Agregat*

Berat jenis agregat adalah ratio antara masa padat agregat dan masa air dengan volume sama pada suhu yang sama. Menurut Tjokrodimuljo (1996, hal.16) agregat dapat dibedakan berdasarkan berat jenisnya :

1. Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5 sampai 2,7. Agregat ini biasanya berasal dari granit, basalt, kuarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan berberat jenis sekitar 2,3 dengan dengan kuat tekan antara 15 MPa sampai 40 MPa, betonnya disebut beton normal.
2. Agregat berat adalah agregat yang berat jenisnya lebih dari 2,8 misalnya magnetic ( $\text{Fe}_3\text{O}_2$ ), barites ( $\text{BaSO}_4$ ) atau serbuk besi.
3. Agregat ringan adalah agregat yang berat jenisnya kurang dari 2,0. Beton dengan agregat ringan mempunyai kuat tarik rendah, modulus elastisitas rendah, serta rayapan dan susutan lebih tinggi.

Berat jenis agregat dibedakan menjadi dua berat jenis mutlak dan berat jenis semu. Berat jenis mutlak jika volume benda padatnya tanpa pori, sedangkan jenis semu volume benda padatnya termasuk pori-pori tertutupnya (Tjokrodimulyo, 1996, hal.16).

### 4) *Kekuatan Dan Keuletan Agregat*

Agregat masih layak dipakai jika kekuatan agregat lebih tinggi dari kekuatan beton yang dibuat. Dalam kasus beton kuat tinggi yang mengalami konsentrasi tegangan lokal cenderung mempunyai tegangan lebih tinggi daripada kekuatan seluruh beton, sehingga kekuatan agregat menjadi kritis. Butir agregat dapat bersifat kurang kuat disebabkan oleh dua hal yaitu porositas agregat dan agregat yang terdiri dari bahan yang lemah (Tjokrodimuljo, 1996, hal. 31).

### 5) *Tekstur Permukaan Butir*

Tekstur permukaan adalah sifat permukaan yang tergantung pada ukuran permukaan butir termasuk halus atau kasar, mengkilap atau kusam dan macam-macam bentuk kekasaran permukaan. Butir-butir agregat dengan tekstur permukaan yang licin membutuhkan air yang lebih sedikit daripada butir-butir yang mempunyai permukaan kasar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis tertentu dari agregat kasar, kekasarannya menambah gesekan antara pasta dan permukaan butir-butir agregat. Bentuk dan tekstur agregat mempengaruhi mobilitas dari beton segarnya maupun daya lekat antara agregat dan pastanya. Kuat tekan antara agregat dan pasta semen tergantung pada tekstur permukaan tersebut. Rekatan tersebut merupakan pengembangan dari ikatan mekanis antar butiran. Agregat dengan permukaan yang berpori dan kasar lebih disukai daripada agregat dengan permukaan yang halus, karena agregat dengan tekstur permukaan yang kasar dapat meningkatkan rekatan agregat dengan semen sampai 1,75 kali, adapun kuat tekan betonnya dapat meningkat sekitar 20% (Tjokrodimulyo, 1996, hal. 38).

### **2.1.2.3 Air**

Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 25% berat semen saja, namun dalam kenyataannya faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35 (Tjokrodimuljo, 1996, hal.45)

Menurut Tjokrodimulyo (1996, hal. 46) dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi syarat-syarat :Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.

- Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asamzat organik) tidak lebih dari 15 gram/liter.
- Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/lt.
- Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/lt.

Air harus terbebas dari zat-zat yang membahayakan beton, dimana pengaruh zat tersebut antara lain :

- Pengaruh kandungan asam  
dalam air terhadap kualitas mortar dan beton. Mortar atau beton dapat mengalami kerusakan oleh pengaruh asam. Serangan asam pada beton atau mortar akan mempengaruhi ketahanan pasta mortar dan beton.
- Pengaruh pelarut carbonat  
Pelarut carbonat akan bereaksi dengan  $\text{Ca(OH)}_2$  membentuk  $\text{CaCO}_3$  dan akan bereaksi lagi dengan pelarut carbonat membentuk *calcium bicarbonate* yang sifatnya larut dalam air. Akibatnya beton akan terkikis dan cepat rapuh.
- Pengaruh bahan padat (lumpur)  
Air yang mengandung lumpur atau bahan padat apabila dipakai untuk mencampur semen dan agregat maka proses pencampuran atau pembentukan pasta kurang sempurna, karena permukaan agregat akan terlapisi lumpur sehingga ikatan agregat kurang sempurna antara satu dengan yang lain. Akibatnya agregat akan lepas dan mortar atau beton akan tidak kuat.

➤ Pengaruh kandungan minyak

Air yang mengandung minyak akan menyebabkan emulsi apabila dipakai untuk mencampur semen. Agregat akan terlapisi minyak berupa film sehingga ikatan agregat satu dengan yang lainnya kurang sempurna. Agregat bias lepas dan mortar atau beton tidak kuat.

➤ Pengaruh air laut

Air laut tidak boleh dipakai sebagai media pencampur semen, karena pada permukaan mortar atau beton akan terlihat putih-putih yang sifatnya larut dalam air sehingga lama-lama akan terkikis dan mortar atau beton akan menjadi rapuh.

#### **2.1.2.4 Limbah Kelapa Sawit**

Limbah kelapa sawit adalah sisa hasil tanaman kelapa sawit yang tidak termasuk dalam produk utama atau merupakan hasil ikutan dari proses pengolahan kelapa sawit. Berdasarkan tempat pembentukannya, limbah kelapa sawit dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu limbah perkebunan kelapa sawit dan limbah industri kelapa sawit.

##### **1) Limbah Perkebunan Kelapa Sawit**

Limbah perkebunan kelapa sawit adalah limbah yang dihasilkan dari sisa tanaman yang tertinggal pada saat pembukaan areal perkebunan, peremajaan dan panen kelapa sawit. Jenis limbah ini antara lain kayu, pelepah dan gulma. Dalam setahun setiap satu hektar perkebunan kelapa sawit rata-rata menghasilkan limbah pelepah daun sebanyak 10,4 ton bobot kering.

## 2) Limbah industri kelapa sawit

Limbah industri kelapa sawit adalah limbah yang dihasilkan pada saat proses pengolahan kelapa sawit. Limbah ini digolongkan dalam tiga jenis, yaitu limbah padat, limbah cair, dan limbah gas.

Salah satu jenis limbah padat industri kelapa sawit adalah tempurung kelapa sawit (TKS). Dipilihnya TKS sebagai penelitian ini didasarkan karena di Indonesia banyak terdapat kebun kelapa sawit baik milik pemerintah, swasta ataupun rakyat. Sampai akhir tahun 1996 luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia telah mencapai 2 juta ha dengan pertambahan luas sekitar 8.5% per tahun sejak tahun 1993 (Dirjen Perkebunan 1996 dalam Solichin dan Tedjaputra 2004). Pada tahun 1995 luas perkebunan kelapa sawit adalah 2.025 juta ha dan diperkirakan pada tahun 2005 luas perkebunan menjadi 2.7 juta ha.



**Gambar 2.4** Limbah Tempurung Kelapa Sawit.

Dari data yang ada diketahui bahwa pada tahun 2002 di Sumatra Utara terdapat 19 pabrik pengolahan CPO yang memiliki kapasitas produksi mencapai 1130 ton/jam, bahkan dalam beberapa tahun ke depan perkembangannya akan semakin pesat. Dari nilai produksi tersebut, sekitar 7% merupakan limbah berupa TKS yang berarti setiap jamnya mampu menghasilkan 79 ton limbah TKS. Lima puluh persen limbah yang berasal dari pabrik pengolahan CPO tersebut digunakan sebagai bahan bakar *boiler* (IPORI 2002 dalam Solichin dan Tedjaputra 2004), sisanya biasanya digunakan sebagai bahan



campuran pengeras jalan atau hanya dibakar. Dengan begitu besarnya limbah TKS yang ada tersebut cukup besar yaitu sekitar 40 ton TKS/jam atau sekitar 800 ton/hari.

Karenanya, pembuatan paving block dengan menggunakan bahan baku TKS diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif untuk meningkatkan nilai tambah limbah TKS tersebut yang secara ekonomis akan menambah pendapatan.

**Tabel 2.3** Characteristic of Oil palm shell

Parameter	Oli palm shell
Moisture content (%)	25.5
Density	0.56
Calorific value (cal/g)	4465
pH value	-
Ash content (%)	2.42
Silica content (%)	0.92
Lignin content (%)	50.03
Cellulose content (%)	65.45
Solubility in cold water (%)	2.97
Solubility in hot water (%)	4.96
Solubility in alkohol-benzene (%)	2.60
Solubility in NaOH 1% (%)	22.12

*Sumber* : Tjutju Nurhayati, Desviana dan Kurnia Sofyan (Tempurung Kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku Alternatif Untuk Produksi Arang Terpadu Dengan Pyrolegneous/Asap Cair), hal. 39.

Pada Tabel 2.4 tercantum kadar air, kerapatan, nilai kalor. Secara kuantitas TKS dan kayu memiliki komponen kimia yang sama seperti selulosa, lignin, zat ekstraktif dan lain-lain (J. Ilmu Dan Teknologi Kayu Vol.3. No.2.2005, hal. 39-44).

Pada penelitian sebelumnya *komponen kimia cangkang Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) dan Pengaruhnya terhadap Sifat Beton Ringan (J. Tropical Wood Science and Technology Vol.5 • No. 1 • 2007)*, Dalam penelitian ini diasumsikan bahwa penyebab utama rendahnya kuat tekan beton berbahan baku cangkang Sawit adalah tidak sempurnanya pengerasan semen yang disebabkan oleh komponen kimia cangkang Sawit, oleh karena itu dilakukan analisis komponen kimia cangkang Sawit yang diambil dari beton ringan berbahan baku cangkang Sawit.

Dimana Uji pH dilakukan untuk mengetahui sifat dari cangkang Sawit dan beton yang digambarkan melalui air rendaman yang diuji. Hasil dari uji pH air rendaman cangkang Sawit dan rendaman beton.

**Tabel 2.4** Characteristic of Oil palm shell

Soaking time	pH
24 hrs	5.53
7 days	5.03
28 days	5.59

Dari Tabel diketahui bahwa air dari rendaman cangkang Sawit pada waktu rendaman selama 24 jam, 7 hari dan 28 hari mempunyai pH berkisar 5. Dari uji pH tersebut diketahui bahwa air dari rendaman cangkang Sawit yang belum dijadikan sebagai campuran bahan pada beton bersifat asam yang berarti bahwa cangkang Sawit yang direndam juga bersifat asam.

Daya kuat tekan beton yang mendekati daya kuat tekan beton kontrol adalah beton dengan komposisi cangkang Sawit 50% dengan perlakuan rendam air dingin. Komponen kimia cangkang Sawit seperti holoselulosa dan lignin sebelum dan sesudah dijadikan beton berdasarkan uji statistik tidak mengalami perubahan, sedangkan untuk kadar ekstrak etanol benzene. Dengan cara merendam tempurung kelapa sawit pada air selama 24 jam, kelarutan air panas dan kelarutan air dingin mengalami perubahan komposisi. Dari hasil penelitian yang dilakukan komponen cangkang Sawit yang diduga mempengaruhi kuat tekan beton adalah zat ekstraktif dari cangkang Sawit yaitu lemak yang menghambat proses pengikatan unsur semen dan tempurung kelapa sawit menyebabkan rongga dan bekerja seperti per yang menghambat pengikatan semen. Hal ini ditunjukkan dengan penurunan kadar lemak yang signifikan.

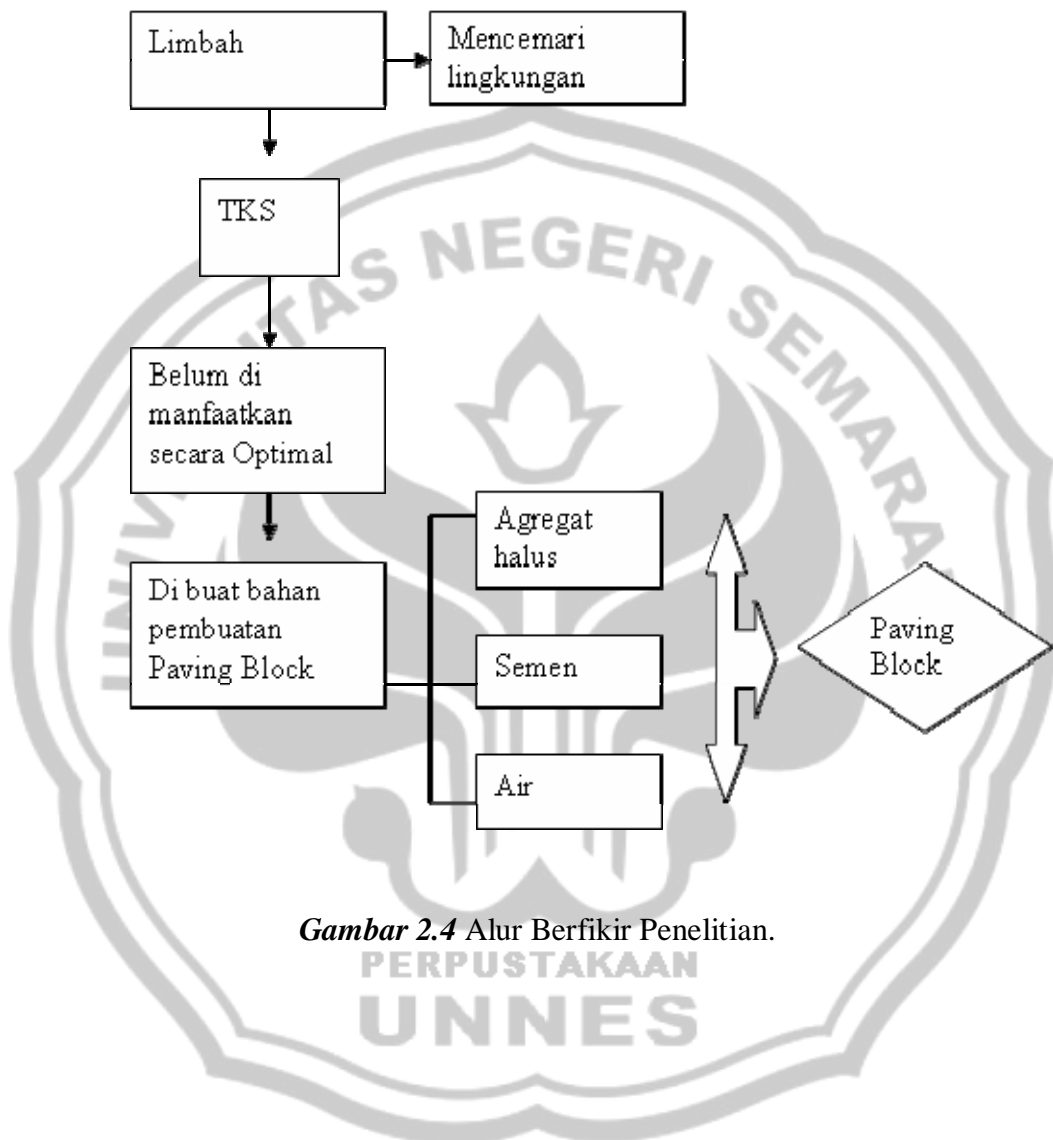
Maka dapat disimpulkan rendahnya kuat tekan beton dan tidak sempurnanya pengerasan semen disebabkan oleh komponen kimia cangkang Sawit salah satunya lemak, Seiring dngan penurunan kadar lemak setelah tempurung kelapa sawit direndam pada air dingin dan air panas selama 24 jam tempurung kelapa sawit masih bias dipergunakan sebagai bahan bangunan khususnya sebagai substitusi agregat untuk pembuatan paving block.

## **2.2 Kerangka Berpikir**

Sejalan dengan meningkatnya kegiatan pembangunan dan banyaknya penggunaan paving block sebagai bahan bangunan, perlu dilakukan upaya untuk mendapatkan bahan pengisi yang dapat digunakan sebagai agregat dalam pembuatan paving block. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan atau dimanfaatkan adalah limbah dalam industri minyak kelapa sawit yaitu tempurung kelapa sawit.

Tempurung kelapa sawit merupakan limbah yang belum dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat, agar pemanfaatan tempurung kelapa sawit menjadi optimal perlu adanya penelitian tentang pemanfaatan tempurung kelapa sawit khususnya sebagai bahan pengisi pada paving block. Agar dicapai hasil yang maksimal perlu adanya penelitian yang melalui beberapa pengujian yaitu, pengujian bahan paving block, serapan air paving block, pengujian kuat tekan paving block umur 28 hari bertujuan untuk mengetahui mutu paving block.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dicari besarnya kuat tekan, porositas dan resapan air paving block dengan memakai tempurung kelapa sawit sebagai substitusi agregat dalam pembuatan paving block..



**Gambar 2.4** Alur Berfikir Penelitian.

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan cara yang digunakan dalam penelitian, sehingga dalam pelaksanaan dan hasil penelitian dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu suatu metode penelitian untuk mengadakan kegiatan percobaan yang mendapatkan suatu hasil, hasil tersebut menunjukkan hubungan sebab akibat antara variable satu dengan yang lainnya.

#### 3.1 Populasi

Populasi adalah totalitas semua nilai yang mungkin, hasil perhitungan atau pengukuran, kuantitatif maupun kualitatif mengenai karakteristik tertentu dari semua anggota kumpulan yang lengkap dan jelas yang ingin dipelajari sifat-sifatnya.

Populasi merupakan keseluruhan subyek penelitian (Suharsimi Arikunto, 1993:102), sedangkan populasi dalam penelitian ini adalah paving block dengan substitusi limbah tempurung kelapa sawit dalam perbandingan volume campuran 1Pc : 5Ps : 0TKS (sebagai kelompok eksperimen 1), 1Pc : 4.75Ps : 0.25TKS (kelompok eksperimen 2), 1Pc : 4.50Ps : 0.50TKS (kelompok eksperimen 3), 1Pc : 4.25Ps : 0.75TKS (kelompok eksperimen 4), 1Pc : 4Ps : 1TKS (kelompok eksperimen 5) dan 1Pc : 3.75Ps : 1.25TKS (kelompok eksperimen 6).

### 3.2 Sampel

Sampel dapat diartikan sebagai contoh (dalam kamus bahasa Indonesia). Sample dalam penelitian ini menggunakan paving block dengan campuran limbah tempurung kelapa sawit, dengan jumlah benda uji 48 buah yang berupa kubus dengan ukuran 20 x 10 x 6 cm sesuai dengan Standart Industri Indonesia, dimana semen yang digunakan adalah semen tipe I dengan merek Holcim, pasir muntilan yang dijual di pasaran, serta air bersih dari Laboratorium Teknik sipil UNNES. Limbah tempurung kelapa sawit diambil dari PTPN V SEI PAGAR Pekanbaru, Riau.

Untuk sampel yang berupa benda uji terdiri dari paving block yang menggunakan substitusi tempurung kelapa sawit (kelompok eksperimen 1,2,3,4,5 dan 6), Dari 6 macam komposisi perlakuan, masing-masing komposisi dibuat 8 buah benda uji dengan ukuran 20cm x 10cm x 6cm. Dari 6 macam komposisi perlakuan tersebut 4 buah untuk uji kuat tekan dan 4 buah untuk uji resapan paving block. Sesuai SNI 03-2493-1991 jumlah benda uji minimum 3 buah untuk setiap jenis.

### 3.3 Variabel Penelitian

Variabel adalah segala sesuatu yang akan menjadi objek pengamatan penelitian. Variabel juga dapat diartikan sebagai faktor-faktor yang berperan penting dalam peristiwa atau gejala yang akan diteliti. Variabel dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil kuat tekan dan uji resapan paving blok. Dengan menambahkan komposisi limbah tempurung kelapa sawit dengan perbandingan volume campuran 1Pc : 5Ps : 0TKS (sebagai kelompok eksperimen 1), 1Pc : 4.75Ps : 0.25TKS (kelompok eksperimen 2), 1Pc : 4.50Ps : 0.50TKS (kelompok eksperimen 3), 1Pc : 4.25Ps : 0.75TKS (kelompok eksperimen 4), 1Pc : 4Ps : 1TKS (kelompok eksperimen 5) dan 1Pc : 3.75Ps : 1.25TKS (kelompok eksperimen 6).

### 3.4 Prosedur Penelitian

Data dalam penelitian ini merupakan hasil uji berat jenis pasir, gradasi limbah TKS, kuat tekan dan serapan air paving block dengan percobaan (eksperimen), dengan cara membuat paving block dengan campuran limbah TKS. Tahap dan prosedur penelitian ini adalah:

#### 3.4.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan yaitu menyiapkan bahan dan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian pembuatan paving block dengan campuran limbah TKS. Bahan dan peralatan yang akan digunakan adalah :

##### 3.4.1.1 Bahan

1) Air

Air yang dipakai dalam penelitian ini adalah air yang terdapat di Toko Bahan Bangunan Sumber Maju Brotojoyo Jl. Broto Joyo barat Semarang sebagai tempat pencetakan paving block. Dan Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang sebagai uji resapan paving block.

2) Semen

Dalam penelitian ini semen yang digunakan adalah semen porland jenis I yang ada di pasaran.

3) Agregatgregat yang dipakai sebagai agregat halus adalah pasir muntilan yang ada di pasaran.

4) Limbah TKS

Limbah TKS yang dipakai adalah hasil limbah olahan salah satu pabrik minyak kelapa sawitPTPN V SEI PAGAR Pekanbaru, Riau.

### 3.4.1.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1) Ayakan

Ayakan dengan lubang berturut-turut 4,80 mm, 2,40 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15 mm yang dilengkapi dengan tutup pan dan alat penggetar, digunakan untuk mengetahui gradasi pasir dan limbah TKS dengan merk "Tatonas".

2) Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengukur bahan susun adukan batako, dengan merk "Radjin".

3) Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur banyaknya air yang digunakan pada pembuatan paving block.

4) Piknometer

Piknometer dengan kapasitas 500 gr digunakan untuk mencari berat jenis agregat halus.

5) Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan bahan pada pemeriksaan bahan , dengan merk "Gallen Kamp Size Two Oven".

6) Mesin cetakan paving bloc

Mesin cetak paving blok yang digunakan adalah seperangkat alat bermoto dengan menggunakan tenaga Diesel (genset) yang yang terdapat di Toko Bahan Bangunan Sumber Maju Brotojoyo Jl. Broto Joyo Barat Semarang. terdiri dari cetakan-cetakan



paving block yang sistem kerjanya menggetarkan dan menekan atau mengepres paving block.

#### 7) Mesin Uji Tekan

Mesin uji tekan digunakan untuk menguji kuat tekan benda uji paving block, dengan merk "*Universal Testing Machine*".

### 3.4.2 Tahap Pengujian Bahan

Untuk mengetahui karakteristik dari bahan penyusun paving block dengan campuran limbah TKS perlu diteliti bahan penyusunnya, dalam hal ini yang diteliti adalah semen, pasir, air dan limbah TKS. Adapun pengujian bahannya adalah sebagai berikut :

#### 3.4.2.1 Pemeriksaan Berat Jenis Pasir

Mengeringkan pasir dalam tungku pemanas dengan suhu 110°C sampai beratnya tetap, selanjutnya pasir didinginkan pada suhu ruang kemudian rendam pasir dalam air selama 24 jam. Kemudian. Selama 24 jam air rendaman dibuang dengan hati-hati agar butiran pasir tidak ikut terbang, menebarkan pasir dalam talam, kemudian dikeringkan diudara panas dengan cara membolak-balik pasir sampai kering. Memasukkan pasir tersebut dalam piknometer sebanyak 500gr, kemudian masukkan air kedalam piknometer hingga mencapai 90% isi piknometer, memutar dan mengguling-gulingkan piknometer sampai tidak terlihat gelembung udara didalamnya.

Setelah itu merendam piknometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan dengan suhu standar 25°C, tambahkan air sampai tanda batas kemudian ditimbang (Bt). Lalu pasir dikeluarkan dan dikeringkan dalam oven dengan suhu 110°C sampai beratnya tetap kemudian didinginkan, lalu ditimbang (Bk). Terakhir piknometer dibersihkan lalu diisi air sampai penuh kemudian ditimbang (B).

#### **3.4.2.2 Pemeriksaan Gradasi Pasir**

Tujuan untuk mengetahui variasi diameter butiran pasir dan modulus kehalusan pasir. Alat : satu set ayakan 4,8mm; 2,4mm ; 1,2mm ; 0,6mm ; 0,3mm ; 0,15mm, timbangan , alat penggetar. Langkah-langkah pemeriksaan gradasi halus pasir adalah sebagai berikut :

Mengeringkan pasir dalam oven dengan suhu 110°C sampai beratnya tetap, lalu mengeluarkan pasir dalam oven kemudian didinginkan. Setelah itu susun ayakan sesuai dengan urutannya, ukuran terbesar diletakkan paling atas yaitu : 4,8mm; 2,4mm ; 1,2mm ; 0,6mm ; 0,3mm ; 0,15mm. Lalu masukkan pasir dalam ayakan paling atas, tutup dan ayak dengan cara digetarkan selama 10 menit kemudian pasir didiamkan selama 5 menit agar pasir tersebut mengendap. Pasir yang tertinggal dalam masing-masing ayakan ditimbang beserta wadahnya.

Gradasi pasir yang diperoleh dengan menghitung komulatif prosentase butir-butir pasir yang lolos pada masing-masing ayakan. Nilai modulus halus butir pasir dihitung dengan menjumlahkan prosentase komulatif butir yang tertinggal kemudian dibagi seratus.

#### **3.4.2.3 Pemeriksaan Berat Jenis Tempurung Kelapa sawit**

Langkah-langkah pemeriksaan berat jenis tempurung kelapa sawit adalah sebagai berikut :

Tempurung kelapa sawit dicuci sampai bersih untuk menghilangkan kotoran yang ada. Lalu tempurung kelapa sawit dimasukkan kedalam oven selama 24 jam sehingga menjadi kering dan ditimbang beratnya (B1). Kemudian direndam dalam air selama 24 jam, selanjutnya dikeluarkan dan dikeringkan dengan kain sampai kondisinya jenuh kering muka dan ditimbang beratnya (B2). Tempurung kelapa sawit kemudian

dimasukkan kedalam keranjang kawat dan kemudian ditimbang beratnya kedalam air (B3).

#### **3.4.2.4 Pemeriksaan Gradasi Tempurung Kelapa Sawit**

Langkah-langkah pemeriksaan gradasi tempurung kelapa sawit adalah sebagai berikut :

Tempurung kelapa sawit dikeringkan dalam oven dengan suhu 110°C sampai beratnya tetap. Kemudian ayakan disusun berdasarkan urutannya, ukuran terbesarnya diletakkan dibagian paling atas, yaitu 40mm, 20mm, 10mm, dan 5 mm. Setelah itu tempurung kelapa sawit dimasukkan kedalam ayakan yang paling atas dan diayak dengan cara digetarkan selama kurang lebih 10 menit. Tempurung kelapa sawit yang tertinggal pada masing-masing ayakan dipindahkan pada tempat yang tersedia dan kemudian ditimbang.

Gradasi tempurung kelapa sawit diperoleh dengan menghitung jumlah kumulatif prosentase butiran yang lolos pada masing-masing ayakan. Nilai modulus dihitung dengan cara menjumlahkan prosentase kumulatif butiran yang tertinggal kemudian dibagi seratus.

#### **3.4.2.5 Semen**

Pemeriksaan terhadap semen dilakukan dengan cara visual yaitu semen dalam keadaan tertutup rapat dan setelah dibuka tidak ada gumpalan serta butirannya halus. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Holcim Jenis I dengan berat 40 kg.

### 3.4.2.6 Air

Pemeriksaan terhadap air juga dilakukan secara visual yaitu air harus bersih, tidak mengandung lumpur minyak dan garam. Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air dari laboratorium jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang. Dan Toko Bahan Bangunan Sumber Maju Brotojoyo Jl. Broto Joyo barat Semarang.

### 3.4.3 Tahap Pembuatan benda Uji

#### 3.4.3.1 Menyiapkan bahan susun paving block.

- 1) Menimbang bahan-bahan susun paving block yaitu semen, pasir, bahan tambah (tempurung kelapa sawit yang telah direndam dalam air selama 24 jam untuk membuang kotoran dan mengurangi unsur lemak) dan air dengan berat yang telah ditentukan dalam perencanaan campuran paving block.
- 2) Mempersiapkan cetakan paving block, Mesin pencetak paving blok harus dalam kondisi baik dan siap pakai dan peralatan lain yang dibutuhkan dalam pencetakan paving block.
- 3) Mix Design:

**Tabel 3.1.** rencana adukan paving block 20 X 10 X 6 cm perkelompok

Perbandingan Pc : ( P:TKS )	Subtitusi TKS	fas	Kebutuhan pasir (kg)	Kebutuhan semen (kg)	Kebutuhan TKS
1 : 5	0%	0.3	14.88	2.48	0
1 : 5	5%	0.3	14.08	2.48	0.32
1 : 5	10%	0.3	13.36	2.48	0.88
1 : 5	15%	0.3	12.64	2.48	1.44
1 : 5	20%	0.3	11.92	2.48	2
1 : 5	25%	0.3	11.45	2.48	2.56

Sumber penelitian.

**Tabel 3.2.** Kebutuhan bahan tiap paving block

Perbandingan Pc : (Ps : TKS)	Substitusi TKS	fas	Kebutuhan pasir (kg)	Kebutuhan semen (kg)	Kebutuhan TKS
1 : 5	0%	0,3	1.86	0.31	0
1 : 5	5%	0,3	1.76	0.31	0.04
1 : 5	10%	0,3	1.67	0.31	0.11
1 : 5	15%	0,3	1.58	0.31	0.18
1 : 5	20%	0,3	1.49	0.31	0.25
1 : 5	25%	0,3	1.40	0.31	0.32

Sumber penelitian

#### 3.4.3.2 Pengadukan campuran paving block.

- 1) Masukkan air 80% dari air yang dibutuhkan dengan faktor air semen 0,3 kedalam mesin pengaduk kemudian masukkan semen, pasir dan tempurung kelapa sawit pada tiap perlakuan campuran dengan penambahan 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dari volume pasir.
- 2) Ketika mesin pengaduk masih berputar sisa air dimasukan sedikit demi sedikit sampai airnya habis dalam jangka waktu tidak kurang dari 3 menit.
- 3) Pengadukan dilakukan sebanyak satu kali untuk setiap macam campuran dan setiap pengadukan dilakukan pemeriksaan.

#### 3.4.3.3 Pembuatan benda Uji

- 1) Adukan bahan paving block dimasukkan kedalam mesin cetakan paving block yang sebelumnya pada bagian dalam cetakan diberi minyak pelumas.
- 2) Isi cetakan dengan adukan paving block dimana keadaan mesin pencetak dalam posisi alat penggetar cetakan dinyalakan yang bertujuan untuk mengisi cetakan supaya padat dan tidak berrongga, setelah benar-benar berisi penuh mesin panekan getar atau pres dinyalakan untuk memadatkan paving block.

- 3) Diperiksa kembali permukaan paving block harus benar-benar dalam keadaan rata pada bagian atas cetakan.
- 4) Buka cetakan dan tempatkan paving block pada tempat yang sejuk, tidak terkena matahari secara langsung.

#### **3.4.3.4 Perawatan**

Setelah benda uji selesai dicetak, tempatkan pada tempat yang teduh selama 5 hari dengan tiap pagi disiram air secukupnya, sampai benda uji berumur 28 hari untuk dilakukan pengujian.

#### **3.4.3.5 Tahap Pengujian paving block**

Pada penelitian ini benda uji hanya diuji kuat tekanya dan serapan air paving block. Cara pengujiannya adalah sebagai berikut :

##### **1) Pengujian Kuat Tekan paving block**

Masing-masing paving block diukur panjang, lebar, tinggi dan beratnya. Kemudian letakkan benda uji pada mesin tekan secara simetris. Lalu jalankan mesin tekan dengan penambahan beban lakukan pembebanan sampai benda uji hancur dan mencatat beban maksimum yang terjadi selama pengujian benda uji.

##### **2) Pengujian Serapan Air**

Paving block yang telah berumur 28 hari dan dalam kondisi kering udara dimasukkan dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam. Setelah 24 Paving block dikeluarkan dan didinginkan. Paving block kering oven ditimbang beratnya (W1). Kemudian dilanjutkan dengan merendam selama 24 jam. Setelah 24 jam, Paving block diangkat dan ditimbang beratnya (W2).

### 3.4.3.6 Tahap Pengumpulan Data

#### 1) Berat Jenis Pasir

Bulk Specific Gravity	$= \frac{B}{C + 500 - D}$
Bulk Specific Gravity (SSD)	$= \frac{500}{C + 500 - D}$
Apparent Specific Gravity	$= \frac{B}{C + B - D}$
Absorption (penyerapan)	$= \frac{(500 - B)}{B} \times 100\%$

Dimana :

Bt = Berat piknometer berisi pasir dan air.

Bk = Berat pasir setelah kering oven

B = Berat piknometer berisi air

500 = Berat pasir dalam keadaan kering permukaan.

#### 2) Berat Jenis Tempurung Kelapa Sawit

$$BJ = \frac{B2 - B1}{B3 - B1}$$

Dimana :

B1 = Berat tempurung kering

B2 = Berat tempurung pada keadaan jenuh

B3 = Berat tempurung dalam keranjang air.

#### 3) Kuat Tekan paving block

$$f_c = \frac{P}{A}$$

Dimana :

$f^c$  = Kuat tekan beton (kg/cm<sup>2</sup>)

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas permukaan benda uji (cm<sup>2</sup>) (SNI-03-0691-1989)

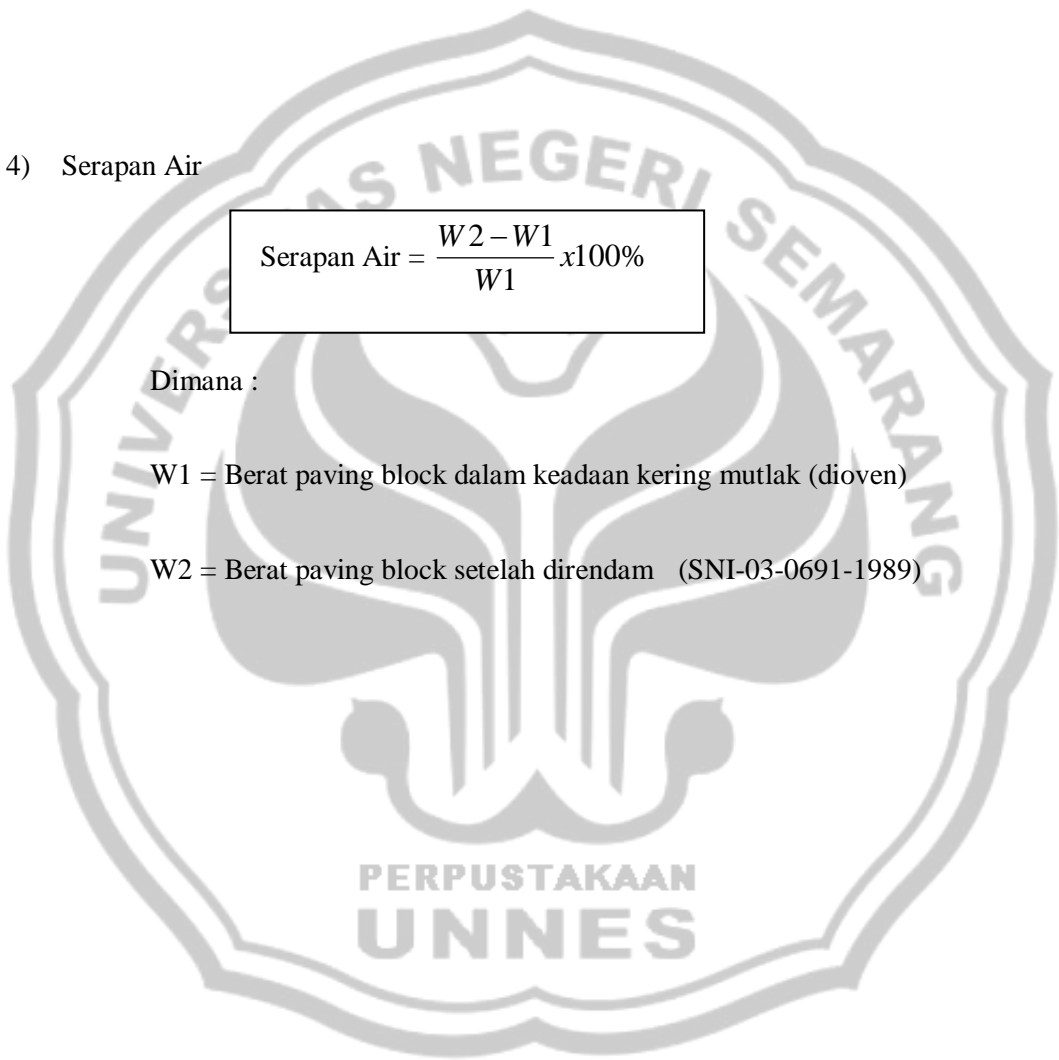
4) Serapan Air

$$\text{Serapan Air} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100\%$$

Dimana :

W1 = Berat paving block dalam keadaan kering mutlak (diovèn)

W2 = Berat paving block setelah direndam (SNI-03-0691-1989)





## BAB 4

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan terhadap bahan susun paving block, rencana kebutuhan bahan adukan, kuat tekan dan serapan air diperoleh hasil sebagai berikut :

#### 4.1 Pasir Muntilan

Pemeriksaan sifat pasir ini meliputi pemeriksaan berat jenis dan gradasi, yang hasil penelitian masing-masing penelitian masing-masing yaitu :

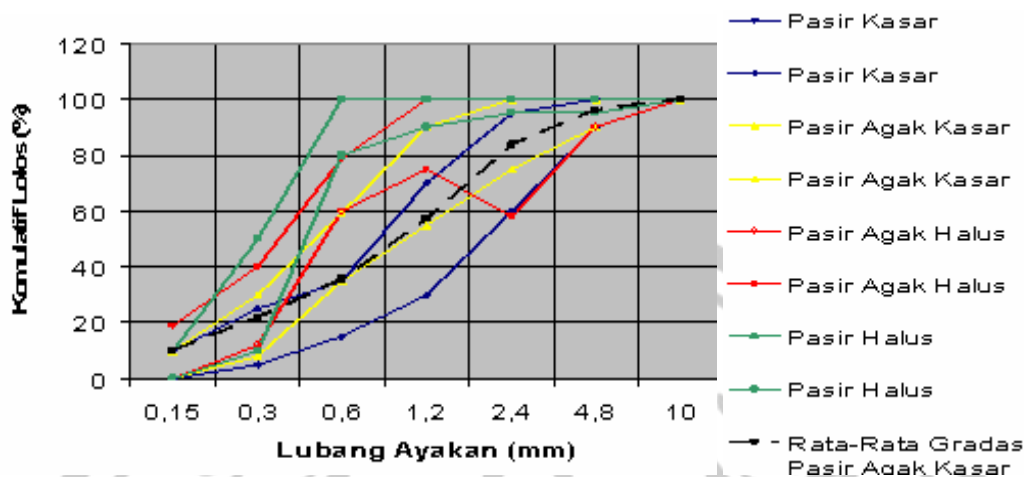
##### 4.1.1 Berat Jenis

Pemeriksaan berat jenis dilakukan dua kali pengujian terhadap sample I dan sample II. Dari hasil pemeriksaan diperoleh berat jenis rata-rata pasir dari kedua sample adalah  $2,51 \text{ gr/cm}^3$ . Hasil pemeriksaan berat jenis pasir secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 1. Pasir muntilan termasuk dalam agregat normal (berat jenisnya 2,5-2,7), sehingga dapat dipakai untuk beton normal dengan kuat tekan 15-40 MPa (Tjokrodimuljo 1996: 15). Berat jenis pasir ini digunakan dalam merencanakan adukan paving block.

##### 4.1.2 Gradasi Pasir

Menurut SK-SNI-T-15-1990-03 pasir muntilan telah memenuhi syarat sebagai bahan penyusun beton normal. Hasil pemeriksaan Modulus Halus Butir didapatkan sebesar 2,9 (batas MHB pasir yang diijinkan 1,5-3,8). Dalam peraturan SK-SNI-T-15-1990-03, kekerasan pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir kasar (zona I), pasir agak kasar (zona II), pasir agak halus (zona III), dan pasir halus (zona IV). Berdasarkan pembagian gradasi tersebut pemeriksaan pasir Muntilan dalam

penelitian ini masuk dalam zona II (pasir agak kasar), untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam gambar 4.1 dan data selengkapnya pada lampiran 2.



Gambar 4.1. Gradasi Pasir Muntilan

## 4.2 Tempurung Kelapa Sawit

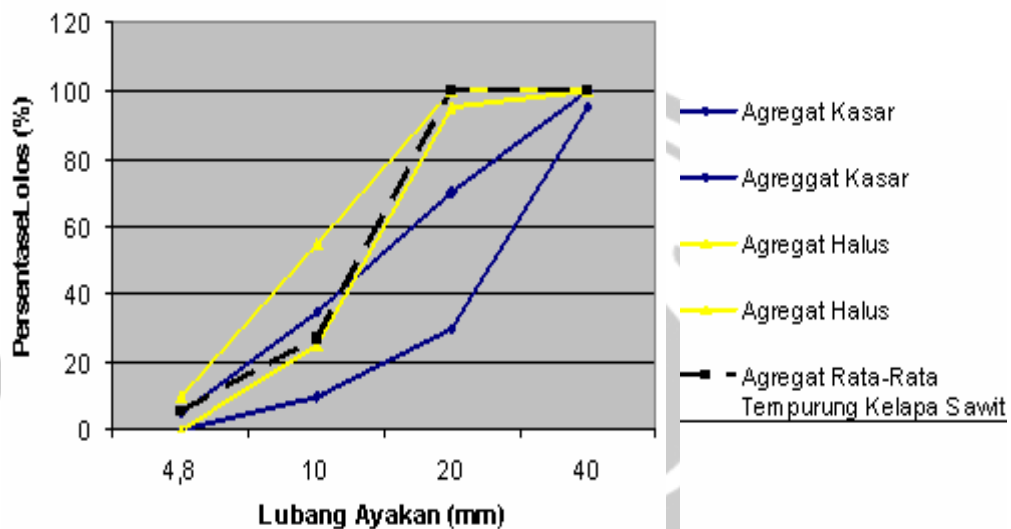
Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui keadaan sifat fisik dari bahan tempurung kelapa sawit yang digunakan dalam penelitian ini. Pemeriksaan sifat pasir ini meliputi pemeriksaan berat jenis dan gradasi, yang hasil penelitian masing-masing penelitian masing-masing yaitu :

### 4.2.1 Berat Jenis

Pemeriksaan berat jenis dilakukan dua kali yaitu terhadap sample I dan sample II. Dari hasil pemeriksaan diperoleh berat jenis rata-rata  $0,40 \text{ gr/cm}^3$  data selengkapnya pada lampiran 1. Berat jenis tempurung kelapa sawit yang didapat lebih kecil dari berat jenis pasir, sehingga mengakibatkan berat volume campuran menjadi menurun. Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat dalam lampiran 3.

#### 4.2.2 Gradasi Tempurung Kelapa Sawit

Gradasi tempurung kelapa sawit dalam penelitian ini masuk dalam kategori agregat halus, dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam gambar 4.5 dan data selengkapnya pada lampiran 4.

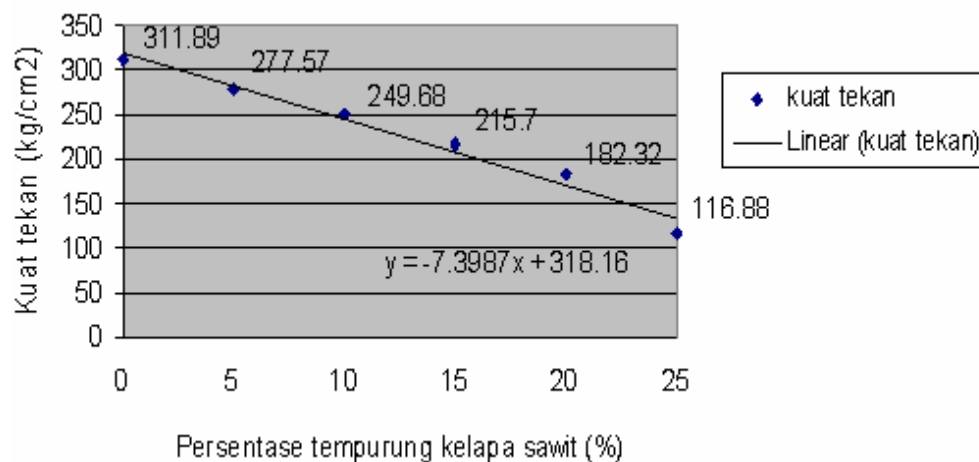


*Gambar 4.2.* Gradasi Tempurung Kelapa Sawit

#### 4.3 Kuat Tekan Paving Block

Pengujian kuat tekan dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari, setelah dilakukan perawatan dengan cara ditempatkan pada tempat yang teduh dan dilakukan penyiraman pada waktu pagi hari selama 5 hari. dengan 4 buah benda uji untuk setiap variasi campuran dengan menggunakan Universal Testing Machine ( UTM ).

Hasil pengujian kuat tekan paving block tempurung kelapa sawit ini dapat dilihat pada lampiran 6. Data yang diperoleh dari penelitian kuat tekan ditampilkan dalam bentuk grafik, untuk menyatakan hubungan antara prosentase tempurung kelapa sawit dengan kuat tekan paving block dapat dilihat pada gambar 4.3.



**Gambar 4.3.** Gradasi Tempurung Kelapa Sawit

Dari gambar 4.3 hubungan antara persentase tempurung kelapa sawit dan kuat tekan paving block, dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$y = -7.3987x + 318.16$$

Dapat dilihat pula bahwa kuat tekan paving block akan semakin menurun dengan bertambahnya kandungan tempurung kelapa sawit dalam campuran. Kuat tekan tertinggi terjadi pada campuran tempurung kelapa sawit 0%, kemudian kuat tekan akan semakin menurun sampai pada campuran tempurung kelapa sawit 25%. terhadap volume paving block Untuk kuat tekan paving block tertinggi sebesar 311.89 kg/cm<sup>2</sup> dan kuat tekan terendah sebesar 116.88 kg/cm<sup>2</sup>.

Hal yang memberikan perbedaan dalam penurunan kuat tekan paving block adalah setelah paving block mengeras air bebas dan air ikat akan keluar dari dinding paving block yang kemudian akan menguap. Panas yang terjadi pada paving block akibat reaksi antara semen dan air mengakibatkan penguapan air dari tempurung kelapa sawit akan bertambah besar dan penguapan yang terjadi tidak hanya terjadi pada air bebas saja, tetapi air ikat pada tempurung kelapa sawit akan ikut menguap. Penguapan air yang

keluar dari rongga sel dan dinding sel akan mengakibatkan tempurung kelapa sawit akan menyusut. Penyusutan tersebut akan mengakibatkan berkurangnya lekatan yang baik antara tempurung kelapa sawit dengan pasta semen yang mengakibatkan menurunnya kuat tekan paving block

Selain itu tempurung kelapa sawit memiliki sifat-sifat kimia berupa selulosa dan lignin, dimana kandungannya yang tinggi tersebut akan menghambat proses hidrasi semen yang mengakibatkan penurunan pasta semen dan memperlemah lekatan antara pasir dengan pasta semen.

Jika dihitung persentase penurunan setiap variasi campuran tempurung pada paving block adalah:

**Tabel 4.1.** persentase penurunan kuat tekan tiap variasi campuran

<b>Perbandingan Pc : Ps : TKS</b>	<b>Kuat Tekan Rata-Rata (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Penurunan Kuat Tekan (%)</b>
1 : 5 : 0	311.89	0
1 : 4.75 : 0.25	277.57	11
1 : 4.50 : 0.50	249.68	19.9
1 : 4.25 : 0.75	215.70	30.8
1 : 4 : 1	182.32	41.5
1 : 3.25 : 1.25	116.88	62.5

Dari data kuat tekan paving block tidak semua campuran dapat dipakai, karena tidak masuk dalam standar kuat tekan paving block mutu III yaitu sebesar 200-300 kg/cm<sup>2</sup>, hal ini dipengaruhi oleh berat jenis tempurung kelapa sawit lebih rendah dan

terdapatnya kandungan zat ekstraktif pada tempurung kelapa sawit yang menghambat pengikatan semen, mengakibatkan kuat tekan paving block cenderung menurun.

**Tabel 4.2.** Penggolongan Mutu Berdasarkan Standar Kuat Tekan

<b>Perbandingan Pc : Ps : TKS</b>	<b>Kuat Tekan Rata - Rata (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Mutu Paving Block</b>
1 : 5 : 0	311.89	III
1 : 4.75 : 0.25	277.57	III
1 : 4.50 : 0.50	249.68	III
1 : 4.25 : 0.75	215.70	III
1 : 4 : 1	182.32	Tidak Memenuhi Standar
1 : 3.25 : 1.25	116.88	Tidak Memenuhi Standar

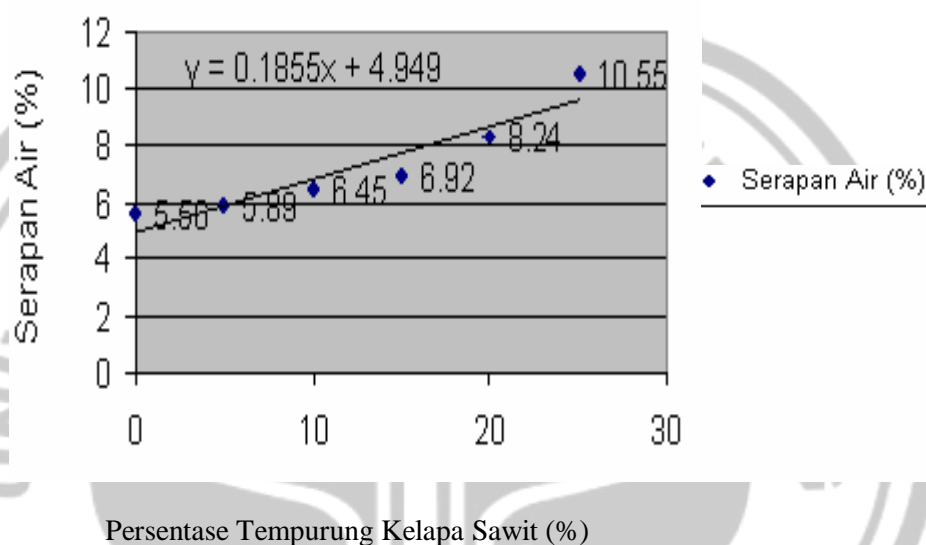
Untuk paving block dengan campuran tempurung kelapa sawit dengan perbandingan volume campuran 1Pc : 5Ps : 0TKS (sebagai kelompok eksperimen 1), 1Pc : 4.75Ps : 0.25TKS (kelompok eksperimen 2), 1Pc : 4.50Ps : 0.50TKS (kelompok eksperimen 3), 1Pc : 4.25Ps : 0.75TKS (kelompok eksperimen 4) masih memenuhi standar kuat tekan paving block kelas kuat III. Sedangkan paving block dengan campuran 1Pc : 4Ps : 1TKS (kelompok eksperimen 5) dan 1Pc : 3.75Ps : 1.25TKS (kelompok eksperimen 6) tidak memenuhi standar kuat tekan paving block. Standar kuat tekan paving block untuk mutu III yaitu sebesar 200–300 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.4 Serapan Air

Pengujian daya serapan air paving block dilakukan terhadap 4 benda uji pada setiap variasi campuran. Hasil pengujian daya serap air paving block tempurung kelapa sawit lebih lengkapnya pada lampiran 8.

Data yang diperoleh dari penelitian serapan air paving block ditampilkan dalam bentuk grafik untuk menyatakan hubungan antara persentase tempurung kelapa sawit dengan serapan air paving block.

Hubungan antara persentase tempurung kelapa sawit dengan serapan air dapat dilihat pada gambar 4.4.

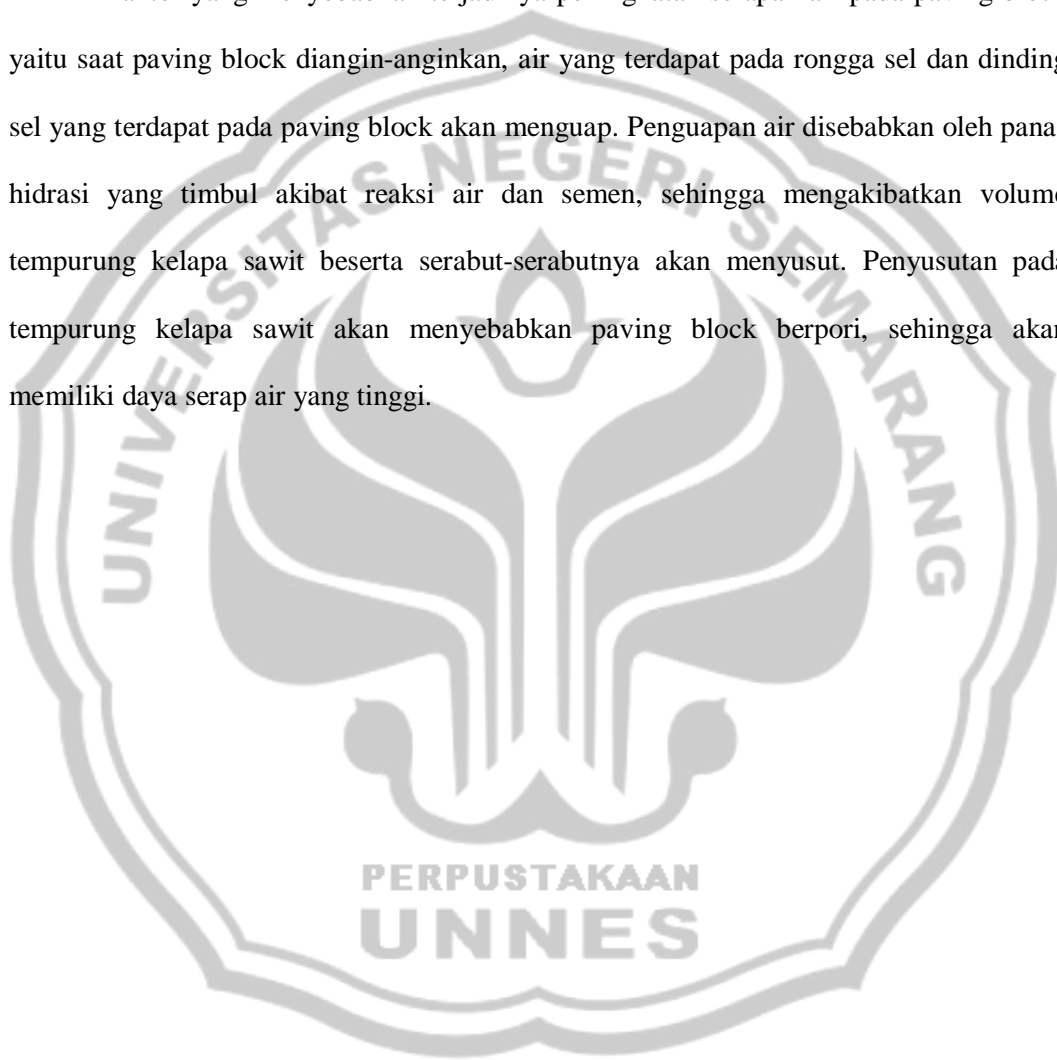


**Gambar 4.4** Hubungan Antara Persentase Tempurung Kelapa Sawit Dengan Serapan Air.

Dari gambar 4.4. hubungan antara persentase tempurung kelapa sawit dengan serapan air paving block dapat dipakai dengan persamaan  $y = 0.1855x + 4.949$ . Pada gambar 4.4. hubungan antara persentase tempurung kelapa sawit dengan serapan air paving block dapat dilihat pula bahwa serapan air paving block akan semakin meningkat dengan bertambahnya kandungan tempurung kelapa sawit dalam campuran. Serapan air terendah terjadi pada persentase tempurung kelapa sawit 0%, kemudian serapan air akan meningkat sampai pada persentase tempurung 25% terhadap volume paving block. Untuk serapan air terendah pada

campuran tempurung kelapa sawit 0% sebesar 5.56% dan serapan air tertinggi pada campuran tempurung kelapa sawit 25% terhadap volume paving block sebesar 10.55%. Data selengkapnya mengenai serapan air paving block tempurung kelapa sawit terdapat pada hasil pemeriksaan mengenai serapan air pada lampiran 7.

Faktor yang menyebabkan terjadinya peningkatan serapan air pada paving block yaitu saat paving block diangin-anginkan, air yang terdapat pada rongga sel dan dinding sel yang terdapat pada paving block akan menguap. Penguapan air disebabkan oleh panas hidrasi yang timbul akibat reaksi air dan semen, sehingga mengakibatkan volume tempurung kelapa sawit beserta serabut-serabutnya akan menyusut. Penyusutan pada tempurung kelapa sawit akan menyebabkan paving block berpori, sehingga akan memiliki daya serap air yang tinggi.





## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Paving block akan mengalami penurunan kuat tekan dengan bertambahnya campuran limbah tempurung kelapa sawit. Kuat tekan tertinggi pada campuran tempurung kelapa sawit 0% terhadap volume paving block sebesar 311.89 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan kuat tekan terendah pada campuran tempurung kelapa sawit 25% terhadap volume paving block adalah 116.88 kg/cm<sup>2</sup>.
- 2) Paving block akan mengalami kenaikan serapan air dengan bertambahnya campuran limbah tempurung kelapa sawit. Serapan air terendah pada campuran tempurung kelapa sawit 0% terhadap volume paving block sebesar 5.56%, sedangkan serapan air tertinggi pada campuran tempurung kelapa sawit 25% terhadap volume paving block adalah 10.55%.
- 3) Paving block mutu kelas III dengan campuran tempurung kelapa sawit 0%, 5%, 10%, dan 15%, terhadap volume pasir masih masuk kuat tekan standar, sedangkan campuran TKS 20% dan 25% terhadap volume pasir tidak memenuhi kuat tekan persyaratan standar mutu kelas III.

- 4) Paving block dengan campuran tempurung kelapa sawit 1Pc : 4.25Ps : 0.75TKS merupakan campuran yang paling ekonomis dan efisien karena dapat memanfaatkan limbah tempurung kelapa sawit paling banyak dibanding campuran lain yaitu sebanyak 15% dari pasir.

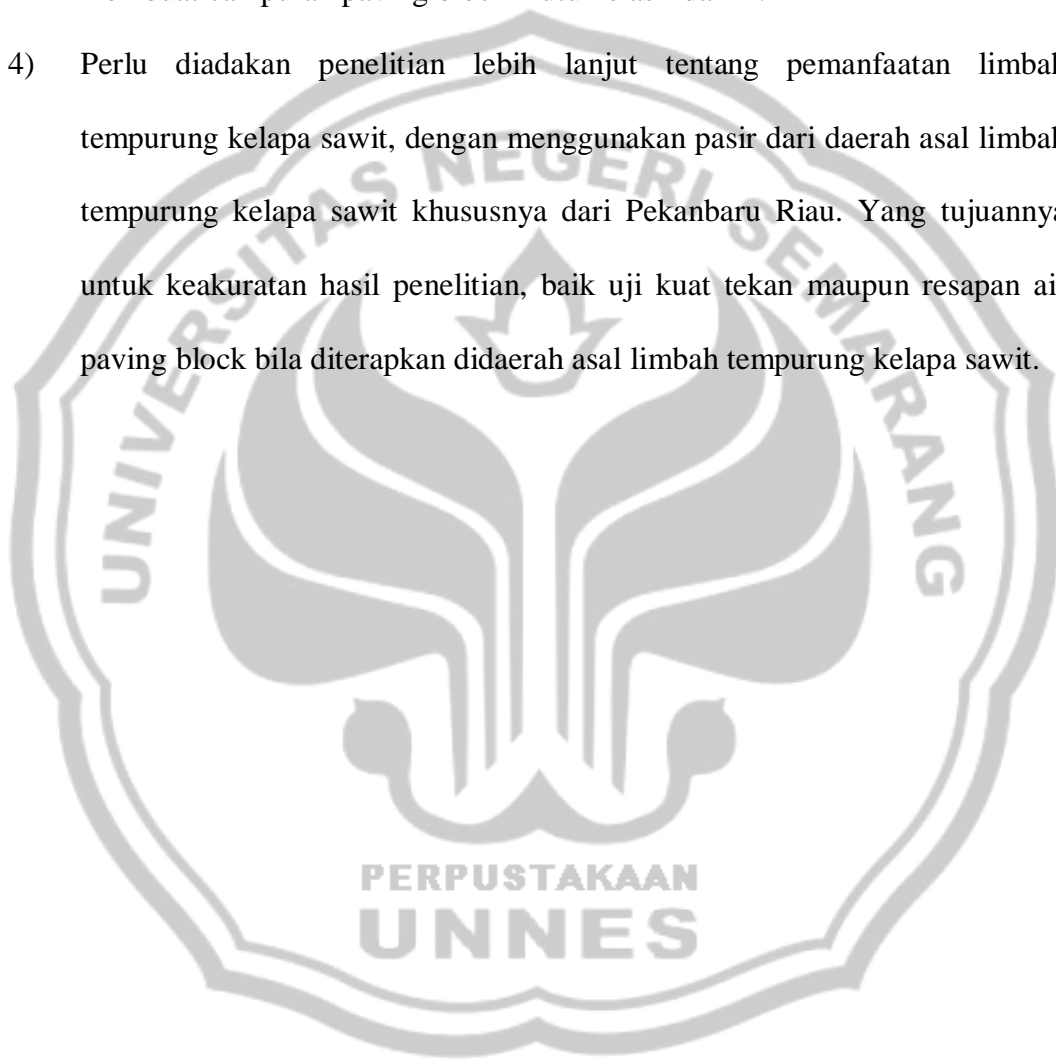
## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil evaluasi yang telah dilakukan pada penelitian ini baik pada pelaksanaan penelitian maupun pada hasil yang diperoleh, maka diberikan saran-saran sebagai berikut :

- 1) Perlu diadakan penelitian lebih lanjut tentang kuat tekan dan serapan air dengan campuran limbah TKS dengan komposisi yang tepat agar didapat kuat tekan maupun serapan air paving block yang masuk mutu standar paving block yang sesuai. Dengan demikian pemanfaatan limbah tempurung kelapa sawit dapat lebih maksimal.
- 2) Diperlukan adanya suatu cara untuk mengolah limbah TKS sehingga kandungan lignin dan selulosa serta zat-zat lain yang berpengaruh buruk pada perlekatan dan pengerasan semen dapat dikurangi yaitu salah satunya menjadikan *arang* terlebih dahulu dengan cara membakar limbah TKS yang nantinya zat *cilika* yang terkandung dalam arang dapat menambah kekuatan perlekatan dan pengikatan semen serta dengan dijadikan arang akan menaikkan berat jenis dari tempurung kelapa sawit yang akan mempengaruhi kuat tekan dari paving block tersebut. Agar kandungan selulosa dan zat-zat

lainnya yang menghambat proses hidrasi maupun perlekatan semen dapat dihindari.

- 3) Pada penelitian ini direncanakan campuran paving block untuk mutu kelas III, maka dengan adanya penelitian ini diharapkan menjadi acuan untuk membuat campuran paving block mutu kelas I dan II.
- 4) Perlu diadakan penelitian lebih lanjut tentang pemanfaatan limbah tempurung kelapa sawit, dengan menggunakan pasir dari daerah asal limbah tempurung kelapa sawit khususnya dari Pekanbaru Riau. Yang tujuannya untuk keakuratan hasil penelitian, baik uji kuat tekan maupun resapan air paving block bila diterapkan didaerah asal limbah tempurung kelapa sawit.



## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1990. **Syarat-Syarat Bahan Bangunan (SNI-T-15-1990-03)**. Bandung. Yayasan Lembaga Pendidikan Masalah Bangunan. Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. 1989. **Bata Beton Untuk Lantai (SNI-03-0691-1989)**. Bandung. Yayasan Lembaga Pendidikan Masalah Bangunan. Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. 1989. **Standart Pengujian dan Analisis saringan Agregat Halus dan Kasar (SNI-M-08-1989-F)** Bandung. Yayasan Lembaga Pendidikan Masalah Bangunan. Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim, 2002. **Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam) (SNI 03-6861.1-2002)**. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan : Bandung.
- Andriati. 1996. Penelitian Pemanfaatan Semen Abu Terbang Untuk Pembuatan Paving Block. **Jurnal Penelitian Permukiman I**. Vol XII.No 1-2.
- Arikunto, Suharsimi, Prof. Dr. 1998. **Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek (Edisi Revisi IV)** .Yogyakarta : Rineka Cipta.
- Fauzi, Yan, dkk. 2007. **Kelapa Sawit**. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Nadhiroh, Masruri. 1992 Penelitian Pemanfaatan Limbah Industri Timah UntuBahan Bangunan. **Jurnal Penelitian Permukiman I**. Vol VII : 43-51.
- Nasir M. 2006. **Penemu Asap Cair Pengharum Karet**. Artikel. Harian Umum Sore Sinar Harapan. Palembang.
- Nurmawati, Ida. 2004. **Pemanfaatan Limbah Industri Penggergajian Kayu Untuk Pembuatan Paving Block**. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Nurhayati Tjutju, Desviana, Sofyan Kurnia. 2005. **Tempurung Kelapa Sawit (TKS) sebagai Bahan Baku Alternatif untuk Produksi Arang Terpadu dengan *Pyrolegneous*/Asap Cair**. Artikel. Palembang.
- Solichin, Tedjaputra, Rita Sekianti. 2005. **J. Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis Vol.3 No.2**. Artikel. Palembang.
- Sukardi, Eddi, Tanudi. 2006. **Membuat Bahan Bangunan Dari Sampah**. Jakarta: Puspa Swara.
- Tjokrodimuldjo, Kardiyono. 1996. **Teknologi Beton** . Yogyakarta : Nafiri.
- Wardono, Ali. 2006. **Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu Jati (Tectona Grandis) Sebagai Campuran Bahan Pengisi Pada Pembuatan Bata Beton Pejal**. Skripsi. Semarang : Universitas Negeri Semarang..

Wikimedia Foundation, Inc. 2008. <http://id.wikipedia.org/wiki/> Kelapa Sawit. 2008.

Wikimedia Foundation, Inc. 2008. <http://id.wikipedia.org/wiki/> Limbah Tempurung Kelapa Sawit. 2008.





UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
 FAKULTAS TEKNIK  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 LABORATORIUM BAHAN BANGUNAN

**HASIL PENGUJIAN BERAT JENIS PASIR MUNTILAN**

*Tabel 4.3* Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Pasir Muntilan

Berat jenuh kering permukaan	(A)	500 gr
Berat kering oven	(B)	452,5 gr
Berat labu + air (25°C)	(C)	695,4 gr
Berat labu + contoh SSD + air (25°C)	(D)	996 gr
Bulk Specific Grafity	$= \frac{B}{C + 500 - D}$	2,27 gr/cm <sup>3</sup>
Bulk Specific Grafity (SSD)	$= \frac{500}{C + 500 - D}$	2,51 gr/cm <sup>3</sup>
Apparent Specific Grafity	$= \frac{B}{C + B - D}$	2,98 gr/cm <sup>3</sup>
Absorption (penyerapan)	$= \frac{(500 - B)}{B} \times 100\%$	10,5 %

Dari percobaan dapat disimpulkan bahwa agregat halus mempunyai berat jenis kering permukaan (SSD) sebesar 2,51 dan mempunyai daya serap sebesar 10,5 %.

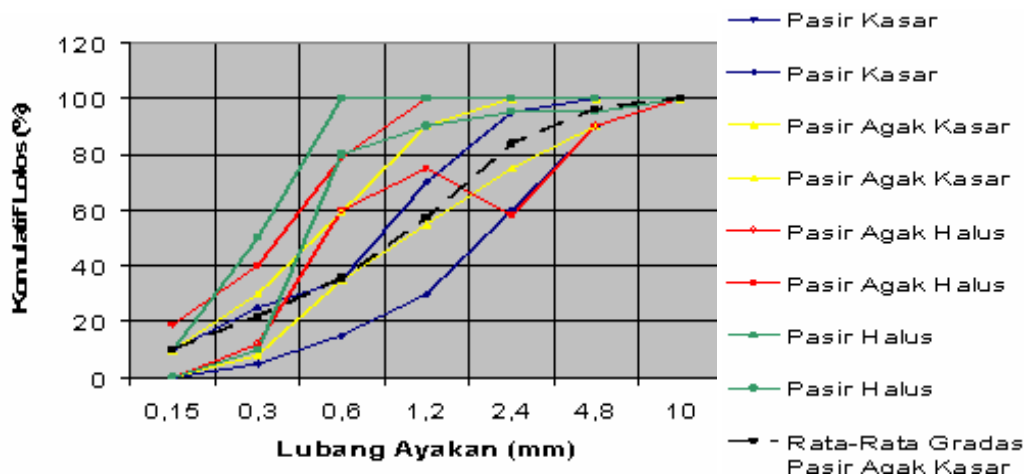


**UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**LABORATORIUM BAHAN BANGUNAN**

**HASIL PENGUJIAN GRADASI PASIR MUNTILAN**

*Tabel 4.4.* Hasil Pengujian Gradasi Pasir Muntilan

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertahan (gram)		Berat Tertahan (gr)	Berat Tertahan (%)	Berat Tertahan Komulatif (%)	Berat Lolos Komulatif (%)
	I	II				
10	32.7	29.6	0	0	0	100
4.8	108.9	99.2	37.6	3.76	3.76	96.24
2.4	222.2	212.7	126.4	12.64	16.4	83.6
1.2	223.8	193.4	263.8	26.38	42.78	57.22
0.6	107.2	108.4	217	21.7	64.48	35.52
0.3	112.6	174.4	135.4	13.54	78.02	21.98
0.15	107.5	104.2	122.6	12.26	90.28	9.72
Sisa	85.1	78.1	97.2	9.72		100
Jumlah	1000	1000	1000	100	295.72	



**Gambar 4.1** Gradasi Pasir Muntilan

*Lampiran 3*

**UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**LABORATORIUM BAHAN BANGUNAN**

**HASIL PENGUJIAN BERAT JENIS TEMPURUNG KELAPA SAWIT**

*Tabel 4.5.* Hasil Pengujian BJ Tempurung Kelapa Sawit

		A	B	Rata-rata
Berat kering	(B1)	500	500	
Berat kerikil pada keadaan jenuh	(B2)	646,4	668	
Berat kerikil dalam keadaan jenuh	(B3)	100,5	100	
$BJ = \frac{B2 - B1}{B3 - B1}$		0,37	0,43	0,4

Dari percobaan dapat disimpulkan bahwa tempurung kelapa sawit mempunyai berat jenis sebesar 0,4.



## Lampiran 4

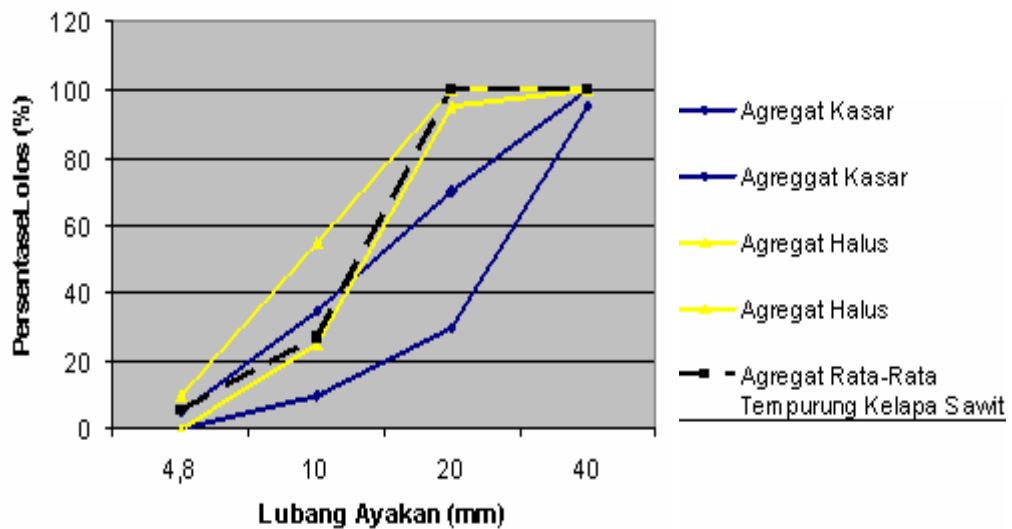


**UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**LABORATORIUM BAHAN BANGUNAN**

**HASIL PENGUJIAN GRADASI TEMPURUNG KELAPA SAWIT**

*Tabel 4.6.* Hasil Pengujian Gradasi Tempurung Kelapa Sawit

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertahan					Berat Lolos Komulatif (%)
	Sample I	Sample II	Rata-rata	%	Kumulatif (%)	
40	0	0	0	0	0	100
20	0	0	0	0	0	100
10	890.4	860.3	875.35	87.55	87.535	12.465
4.8	77.6	61.5	69.55	6.955	94.49	5.51
Sisa	32	78.2	55.1	5.51	100	0
Jumlah	1000	1000	1000	100		



*Gambar 4.2* Gradasi Tempurung Kelapa Sawit



**UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**LABORATORIUM BAHAN BANGUNAN**

**RENCANA CAMPURAN (MIX DESIGN) PAVING BLOCK**  
**TEMPURUNG KELAPA SAWIT**

**Tabel 3.1.** rencana adukan paving block 20 X 10 X 6 cm berkelompok

Perbandingan Pc : ( P:TKS )	Substitusi TKS	fas	Kebutuhan pasir (kg)	Kebutuhan semen (kg)	Kebutuhan TKS
1 : 5	0%	0,3	14.88	2.48	0
1 : 5	5%	0,3	14.08	2.48	0.32
1 : 5	10%	0,3	13.36	2.48	0.88
1 : 5	15%	0,3	12.64	2.48	1.44
1 : 5	20%	0,3	11.92	2.48	2
1 : 5	25%	0,3	11.45	2.48	2.56

Sumber penelitian.

**Tabel 3.2.** Kebutuhan bahan tiap paving block

Perbandingan Pc : (Ps : TKS)	Substitusi TKS	fas	Kebutuhan pasir (kg)	Kebutuhan semen (kg)	Kebutuhan TKS
1 : 5	0%	0,3	1.86	0.31	0
1 : 5	5%	0,3	1.76	0.31	0.04
1 : 5	10%	0,3	1.67	0.31	0.11
1 : 5	15%	0,3	1.58	0.31	0.18
1 : 5	20%	0,3	1.49	0.31	0.25
1 : 5	25%	0,3	1.40	0.31	0.32

Sumber penelitian

## Lampiran 6



**UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**LABORATORIUM BAHAN BANGUNAN**

**HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN PAVING BLOCK**

*Tabel Hasil Pengujian Kuat Tekan Paving Block*

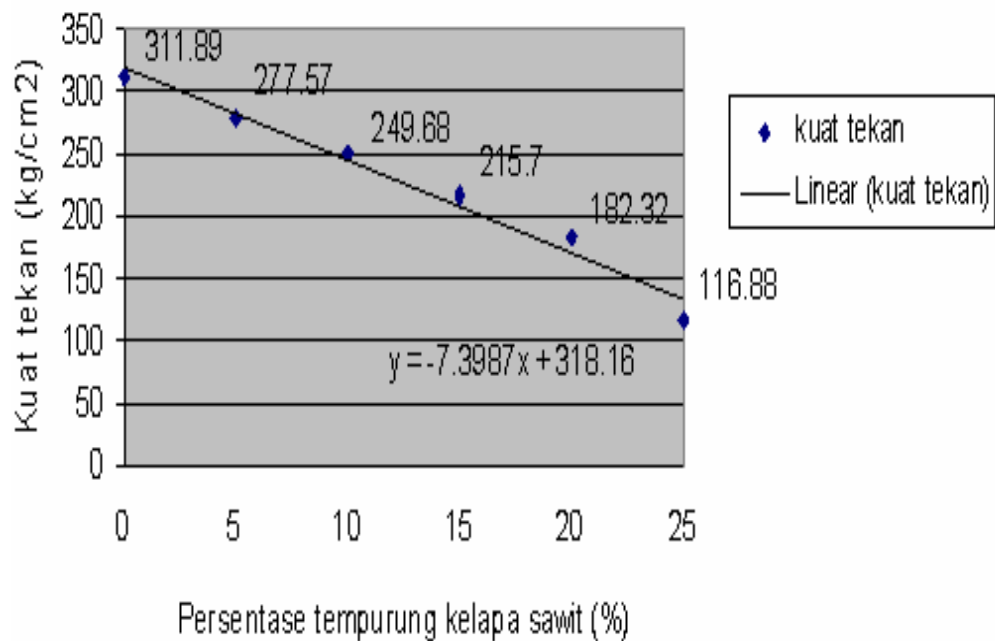
Perbandingan Pc:(Ps:TKS)	No.	p (cm)	l (cm)	t (cm)	g (kg)	A	P (ton)	K kg/cm <sup>2</sup>	Rata- rata (%)
1 : 5	a	20	10.2	6	1.8	204	63	308.82	311.89
	b	20	10	6	1.7	200	62	310.00	
	c	20.1	10.1	6	1.8	203.01	63	310.33	
	d	20.1	10	6	1.9	201	64	318.41	
1 : 5	a	20	10.1	6	1.7	202	56	277.23	277.57
	b	20	10.1	6	1.7	202	56	277.23	
	c	20.1	10	6	1.8	201	56	278.61	
	d	20.2	10	6	1.6	202	56	277.23	
1 : 5	a	20	10.1	6	1.5	202	50	247.52	249.68
	b	20.1	10.1	1	1.5	203.01	51	251.22	
	c	20.1	10.1	6.1	1.4	203.01	51	251.22	
	d	20.1	10	6.1	1.5	201	50	248.76	
1 : 5	a	20	10	6.1	1.4	200	45	225.00	215.70
	b	20	10	6	1.2	200	39	195.00	
	c	20.1	10	6.1	1.3	201	44	218.91	
	d	20.1	10	6.2	1.3	201	45	223.88	
1 : 5	a	20.1	10	6.1	1.1	201	37	184.08	182.32
	b	20	10	6.1	1.2	200	37	185.00	
	c	20.1	10.1	6	1	203.01	37.3	183.73	
	d	20.2	10.1	6	1.2	204.02	36	176.45	
1 : 5	a	20.2	10.1	6	0.9	204.02	24	117.64	116.88
	b	20.2	10.2	6.2	0.9	206.04	23	111.63	
	c	20.1	10.2	6	1	205.02	24	117.06	
	d	20.1	10.1	6	0.9	203.01	24.6	121.18	

## Lampiran 7



UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
 FAKULTAS TEKNIK  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 LABORATORIUM BAHAN BANGUNAN

### HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN PAVING BLOCK



**Gambar 4.3** Hubungan Antara Prsentase Tempurung Kelapa Sawit Dengan Kuat Tekan

## Lampiran 8



**UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**LABORATORIUM BAHAN BANGUNAN**

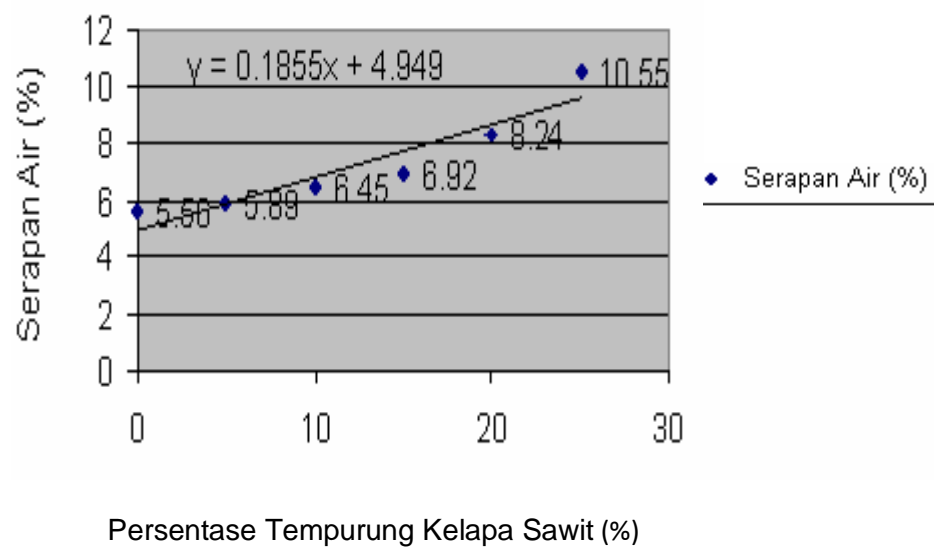
**HASIL PENGUJIAN RESAPAN AIR PAVING BLOCK**

*Tabel Hasil Pengujian Air Resapan Paving Block*

Perbandingan Pc:(Ps:TKS)	No	W1 (kg)	W2 (kg)	Serapan Air (%)	Rata- rata (%)
1;5	a	1.8	1.9	5.56	5.56
	b	1.7	1.8	5.88	
	c	1.8	1.9	5.56	
	d	1.9	2	5.26	
1;5	a	1.7	1.8	5.88	5.89
	b	1.7	1.8	5.88	
	c	1.8	1.9	5.56	
	d	1.6	1.7	6.25	
1;5	a	1.5	1.6	7.77	6.45
	b	1.5	1.6	6.21	
	c	1.4	1.5	5.92	
	d	1.3	1.4	5.90	
1;5	a	1.1	1.1	3.33	6.92
	b	1.2	1.4	8.84	
	c	1.1	1.1	8.22	
	d	1.2	1.2	7.29	
1;5	a	1.1	1.2	8.18	8.89
	b	1.2	1.4	6.66	
	c	1.1	1.3	15.31	
	d	1.2	1.2	2.82	
1;5	a	0.9	1.1	10.20	10.55
	b	0.9	1.1	5.55	
	c	1	1.2	4.80	
	d	0.9	1	11.20	

*Lampiran 9*

**UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**LABORATORIUM BAHAN BANGUNAN**

**HASIL PENGUJIAN RESAPAN AIR PAVING BLOCK**

**Gambar 4.4** Hubungan antara persentase tempurung kelapa sawit dengan resapan Air