

## **BAB 1**

### **PENGENALAN**

#### **1.1 Pengenalan**

Penggunaan bata dalam industri pembinaan dunia telah mempunyai sejarah yang lama. Tamadun Mesir suatu masa dahulu banyak menggunakan bata bakar untuk membina bangunan-bangunan mereka (Varghese, 2006).

Perkembangan industri pembinaan di Malaysia yang pesat telah memberi ruang kepada pelbagai bahan binaan untuk digunakan dalam proses pembinaan. Antara bahan binaan yang mula mendapat tempat di Malaysia sebagai binaan dinding ialah Bata Saling Mengunci.

Secara amnya, batu bata ialah bahan binaan yang berbentuk segiempat bujur, dibuat dari bahan tak organik yang keras dan lasak (Mat Lazim, 2005). Saiz dan beratnya direka supaya mudah dipegang dengan sebelah tangan. Menurut Piawaian British, BS 3921 (1985) saiz maksimum piawai bagi bata ialah 337.5mm panjang, 225mm lebar dan 112.5mm tinggi, dimana bahan binaan dinding lain yang melebihi saiz maksimum ini ditakrifkan sebagai blok binaan. Terdapat pelbagai jenis bata yang di hasilkan di pasaran, bergantung kepada sifat semulajadi tanah liat yang digunakan, bentuk dan dimensi serta proses pembakaran sesuatu bata tersebut, antaranya ialah Bata Muka, Bata Kejuruteraan dan Bata Biasa (Taylor, 2002).

Kepelbagaian jenis bata ini memberi pilihan kepada pengguna untuk membina struktur yang dikehendaki mengikut fungsi dan kestabilan sesuatu struktur

tersebut. Unit-unit bata ini akan disusun dan diikat oleh tukang dengan bantuan mortar untuk menstabilkannya membentuk sesuatu struktur yang dikehendaki. Mortar biasanya dihasilkan daripada campuran antara simen dan pasir pada nisbah yang tertentu. Terdapat banyak jenis ikatan bata yang boleh dipraktikan sesuai dengan struktur yang ingin dibina. Bata yang biasa digunakan dalam industri pembinaan di Malaysia menurut MS7.6 (1972) mestilah bersaiz 215mm panjang, lebar 102.5mm dan tinggi 65mm. Bagi bata saling mengunci pula perubahan telah dilakukan pada dimensi saiz, saiznya adalah 250mm panjang, 125mm lebar dan 100 mm tinggi untuk mempercepatkan proses pembinaan. Inovasi juga telah dilakukan pada struktur bata saling mengunci di mana terdapat rongga pada bata tersebut yang berfungsi untuk memasukkan mortar dan tetulang.

Sesuai dengan situasi pembinaan di Malaysia di mana kebanyakan struktur dinding sesuatu bangunan di negara ini dibina dengan menggunakan bata, samada untuk bangunan kediaman ataupun komersial, bata saling mengunci mula menjadi pilihan kerana penggunaannya dapat menjimatkan kos pembinaan kerana bata ini tidak memerlukan sebarang kerja lepaan. Tempoh pembinaan juga dapat dijitakan dengan penggunaan bata ini dan kaedah pembinaannya yang mudah dapat menjimatkan tenaga kerja. Selain daripada dinding, bata saling mengunci ini juga boleh digunakan dalam kerja-kerja kejuruteraan awam yang lain seperti pembinaan sistem saliran dan tembok penahan.

Bata saling mengunci ini dihasilkan daripada campuran beberapa bahan mentah iaitu, tanah liat, simen dan air. Proses pencampuran bahan mentah pada nisbah yang tertentu akan dilakukan dan adunan akan dicampur sehingga sebati. Bata ini biasanya dibentuk dan dikenakan tekanan mekanikal menggunakan mesin khas dan kemudian akan dibiarkan terawet pada suhu bilik sebelum digunakan. Permintaan terhadap bata yang sentiasa meningkat dari semasa ke semasa telah memberikan ruang kepada bata saling mengunci ini untuk mendapat tempat di dalam pasaran. Sekarang ini telah banyak kilang-kilang penghasilan bata saling mengunci ini dibina di dalam Malaysia di kebanyakkan negeri samada dalam skala yang kecil ataupun besar untuk memenuhi permintaan setempat.

## 1.2 Pernyataan Masalah

Sesuatu struktur yang dibina daripada apa jua bahan sekalipun perlu dipastikan kestabilannya untuk memastikan keselamatan pengguna struktur tersebut. Inilah objektif utama kerja-kerja kejuruteraan awam. Struktur yang tidak stabil akan menyebabkan kerugian dari aspek ekonomi dan lebih teruk lagi akan melibatkan kehilangan nyawa. Demikianlah juga dengan struktur yang dibina menggunakan bata, kemampuannya untuk stabil dalam menanggung sebarang beban adalah merupakan suatu aspek yang sangat penting untuk dipastikan dan disemak. Struktur yang dibina menggunakan bata, dalam banyak situasi terdedah kepada daya mampatan, ricih dan lenturan. Daya-daya ini boleh menyebabkan kegagalan kepada struktur yang dibina daripada bata.

Iklm tropika yang dialami Malaysia menyebabkan struktur-struktur yang dibina dalam negara kita terdedah kepada cuaca panas dan lembap sepanjang tahun. Iklm ini menyebabkan pengaruh kelembapan terhadap struktur yang dibina dalam negara kita adalah ketara dan perlu diberi pertimbangan termasuklah mana-mana struktur yang dibina menggunakan bata. Penyerapan lembapan yang berlebihan oleh sesuatu bata akan menjejaskan kekuatannya samada dalam tempoh yang singkat ataupun dalam tempoh waktu yang lebih panjang. Penyerapan lembapan yang berlebihan juga akan menyebabkan pengembangan berlaku pada bata yang akan menjuruskan kepada kegagalan pada ikatan bata serta menjadikan sesuatu struktur yang dibina daripada bata tidak selesa untuk didiami.

Susunan struktur bata saling mengunci akan diikat dan distabilkan dengan bantuan mortar yang diisi ke dalam rongga yang tersedia pada setiap bata tersebut. Mortar bagi tujuan tersebut dihasilkan daripada campuran simen, pasir dan air pada nisbah campuran tertentu. Kekuatan dan kestabilan mortar sangat penting untuk memastikan struktur bata yang dibina mampu menerima beban. Sifat dan ciri-ciri mortar yang baik banyak dipengaruhi oleh proses pengadunan bahan yang sempurna. Selepas di adun bahan-bahannya, mortar memerlukan jumlah air yang mencukupi semasa proses pengawetannya untuk menjana kekuatannya untuk mencapai ciri-ciri kualiti yang dikehendakinya. Jika bata yang digunakan mempunyai kadar serapan

lembapan awal yang tinggi, keadaan ini akan menyebabkan air yang diperlukan untuk proses pengawetan mortar tidak akan mencukupi. Keadaan ini akan menjejaskan kualiti mortar yang diperlukan.

Sifat dan ciri-ciri sesuatu bata banyak dipengaruhi oleh adunan bahan mentahnya dan proses pembuatannya di pusat pengeluaran. Proses pengadunan dan pembuatan yang tidak baik di pusat pengeluaran akan menjejaskan kualiti sesuatu bata seterusnya akan mempengaruhi kestabilan dan kebolehhidmatan sesuatu struktur bata.

Penggunaan bata tanah liat di Malaysia adalah sangat meluas berbanding dengan bata saling mengunci kerana ia lebih sinonim sebagai bahan pembinaan di Negara ini. Penggunaan bata tanah liat sebenarnya adalah tidak mesra alam. Proses pengeluarannya melibatkan jumlah penggunaan tenaga yang tinggi. Di samping itu proses pengeluarannya juga terlibat pembebasan gas karbon dioksida yang banyak, mendorong kepada ketidakseimbangan alam sekitar. Selain itu untuk memangkin pembakaran bata tanah liat di dalam tanur pembakaran, pelbagai bahan yang tidak mesra alam banyak digunakan antaranya ialah minyak selinder kenderaan yang telah terpakai.

### **1.3 Objektif Kajian**

Kajian ini dijalankan dengan tujuan utama untuk mengkaji beberapa aspek ciri-ciri sesuatu bata saling mengunci yang dihasilkan di Terengganu. Berikut adalah merupakan objektif kajian ini:

- i. Menentukan sifat fizikal dan mekanikal bata saling mengunci
- ii. Menentukan adunan bata saling mengunci dan hubungannya dengan kekuatan mampatan, ketumpatan, kadar serapan awal dan serapan lembapan.
- iii. Mengkaji penggunaan Abu Terbang dan Abu Kelapa Sawit (POFA) di dalam adunan bata saling mengunci.

#### **1.4 Skop Kajian**

Kajian ini dirancang dan dilaksanakan untuk mencapai objektif kajian yang telah dinyatakan namun kajian ini mempunyai had-had yang tertentu.

Tiga buah pusat pengeluaran bata saling mengunci dipilih dan sampel diambil dari setiap pusat pengeluaran dan diuji di makmal bertauliah dalam aspek toleransi dimensi, ketumpatan, kekuatan mampatan dan kadar serapan lembapan awal dan serapan lembapan. Proses pengadunan dan penghasilan bata saling mengunci juga dikaji bagi setiap pusat pengeluaran yang terlibat.

Di makmal pula, bata saling mengunci kawalan, yang diubahsuai dengan POFA dan Abu Terbang dihasilkan menggunakan bahan dan adunan yang optima seperti yang dicadangkan dalam kajian literatur dan juga berdasarkan adunan daripada kilang. Kemudian bata-bata ini diuji ketumpatan, kekuatan mampatan dan kadar serapan lembapan awal dan serapan lembapannya.

Semua sampel bata kemudian dikaji sifat dan ciri-cirinya dari aspek ketumpatan, kekuatan mampatan kadar serapan lembapan awal dan serapan lembapan. Data-data keputusan ujian makmal yang dilakukan dianalisa selari dengan objektif kajian. Perbandingan data-data yang diperolehi daripada setiap sampel dari pusat-pusat pengeluaran yang berbeza dilakukan dan hubungan yang wujud antara data-data sampel ujian diteliti. Perbincangan berdasarkan perbezaan dan hubungan data-data dilaksanakan untuk menghasilkan kesimpulan kajian.

#### **1.5 Kepentingan Kajian**

Kajian ini berupaya untuk memberi gambaran secara am sifat-sifat bata saling mengunci yang dihasilkan di Terengganu. Kajian ini boleh menjadi tanda aras dan rujukan kepada mana-mana individu atau pihak yang ingin dan yang telah menggunakan bata saling mengunci. Kajian ini juga boleh panduan am kepada mana-

mana individu atau pihak untuk mengadun dan menghasil bata saling mengunci. Dapatan daripada ujikaji ini juga boleh digunakan sebagai dorongan untuk penggunaan bata saling mengunci yang lebih mesra alam berbanding dengan bata tanah liat yang meluas penggunaannya di Malaysia.

## **BAB 2**

### **KAJIAN LITERATUR**

#### **2.1 Pengenalan**

Jika dilihat dari aspek proses pengeluaran, bata boleh dibahagikan kepada dua kategori iaitu bata bakar dan bata tanpa bakar. Bata bakar ialah bata yang mana proses pengeluarannya melibatkan kerja-kerja pembakaran bata mentah sebaik sahaja ia dicetak. Proses pembakaran ini perlu untuk membina kekuatan bata tersebut. Bata yang tergolong dalam kategori ini ialah bata tanah liat. Bahan utama bata jenis ini ialah tanah liat yang kemudian akan dicampurkan dengan air pada kadar yang tertentu. Adunan ini seterusnya akan dicetak oleh mesin untuk membentuk dimensinya. Rajah 2.1 menunjukkan struktur fizikal sesuatu bata tanah liat.



**Rajah 2.1** Bentuk fizikal Bata Tanah Liat

Bata tanpa bakar pula, ialah bata yang mana proses pengeluarannya tidak melibatkan proses pembakaran, sebaliknya menggunakan proses penstabilan bahan samada secara kaedah tindak balas kimia ataupun kaedah mekanikal. Biasanya gabungan kedua-dua kaedah tersebut dipraktikkan dalam penghasilan bata tanpa bakar. Antara contoh bata tanpa bakar ialah bata pasir-kapur, bata simen dan bata

tanah distabilkan. Bata saling mengunci tergolong dalam kategori bata tanah distabilkan. Rajah 2.2 menunjukkan struktur fizikal bata saling mengunci.



**Rajah 2.2** Bentuk fizikal Bata Saling Mengunci

## 2.2 Kelebihan Bata Saling Mengunci

Bata saling mengunci dihasilkan menggunakan prinsip penstabilan tanah, dimana tanah sebagai bahan utama dalam bata akan distabilkan dengan menggunakan simen. Sesuai dengan proses penghasilannya bata ini tergolong dalam kategori Bata atau Blok tanah yang distabilkan. Penggunaan bata ini akan dapat mengurangkan penggantungan kepada bata tanah liat sebagai bahan binaan dalam bangunan. Pengurangan penggunaan bata tanah liat sebagai bahan binaan akan dapat membantu secara langsung mengurangkan jumlah penggunaan tenaga yang besar dan pencemaran yang terhasil semasa proses penyediaan bata tanah liat. Secara puratanya bata yang distabilkan simen menggunakan tenaga kurang 10% daripada bata tanah liat bakar konvensional (Walker, 1995)

Kecenderungan penggunaan bahan binaan berasaskan tanah yang dihasilkan secara penstabilan mulai meningkat dari semasa ke semasa selaras dengan kesedaran pengguna terhadap masalah penggunaan tenaga dan pencemaran. Ini dapat dibuktikan dengan peningkatan kajian terhadap bahan binaan berasaskan tanah yang dihasilkan secara penstabilan. Menurut Deboucha dan Roslan (2011) kajian terhadap



ciri-ciri kekuatan mampatan dan hakisan sesuatu bahan binaan yang dihasilkan secara penstabilan telah dilakukan oleh Heathcote (1995), Walker (1995), Jayasinghe dan Kamaladasa (2007). Manakala kajian terhadap kemampuan lenturan pula telah dilakukan oleh Jayasinghe dan Mallawaarachchi (2009). Reddy dan kumar (2009) pula melaporkan kaedah untuk meningkatkan ikatan dalam bahan binaan jenis ini. Kesenambungan kajian terhadap bahan binaan jenis menyerlahkan potensi bahan binaan jenis ini berbanding dengan bata tanah liat bakar.

Perbezaan ketara juga wujud dalam pembebasan karbon dioksida semasa proses penghasilannya. Agensi perlindungan alam sekitar telah mengisytiharkan bahawa gas karbon dioksida adalah tergolong dalam bahan pencemar udara, walaupun gas ini adalah merupakan gas 'rumah hijau', iaitu gas yang perlu untuk keseimbangan alam sekitar, namun kandungannya yang berlebihan akan mengakibatkan sebaliknya iaitu gangguan keseimbangan alam sekitar. Dalam waktu terdekat ini, banyak usaha telah dan sedang giat dijalankan untuk mengurangkan pembebasan gas ini ke alam sekitar. Semasa proses penghasilannya, bata saling mengunci menghasilkan 22 kg CO<sup>2</sup>/tan, manakala blok konkrit menghasilkan 143 kg CO<sup>2</sup>/tan, bata tanah liat biasa pula menghasilkan sebanyak 200 kg CO<sup>2</sup>/tan dan seterusnya blok konkrit berongga sebanyak 280 – 375 kg CO<sup>2</sup>/tan (Morton, 2008). Penggunaan bata saling mengunci boleh membantu dalam mengurangkan pembebasan gas karbon dioksida.

Penggunaan tanah dalam bata saling mengunci menurut Taylor (2002), memberikan beberapa kelebihan kepada bata ini, antaranya:

- i. Tenaga yang diperlukan dalam penghasilan bata ini adalah sangat rendah.
- ii. Mempunyai rintangan haba dan bunyi yang baik.
- iii. Pembuangan sisa bahan, pada penghujung hayat penggunaan adalah mudah dan selamat.
- iv. Mempunyai sifat kestabilan termal yang dapat mendorong kestabilan suhu kepada sesuatu ruang yang dibina.

### **2.3 Proses Penghasilan Bata Saling Mengunci**

Proses penghasilan bata saling mengunci adalah sangat berbeza dengan bata tanah liat. Untuk membina kekuatannya, bata saling mengunci memerlukan proses pemadatan atau penekanan samada secara statik, dinamik atau vibro-statik dan ia juga memerlukan bantuan agen penstabil iaitu simen untuk membantu pengukuhan kekuatannya (Fetra, *et al.* 2010). Manakala bata tanah liat pula membina kekuatannya melalui proses pembakaran dalam relau khas tanpa melibatkan sebarang agen penstabil.

Hanya pekerja separa mahir dan kurang mahir diperlukan untuk diperlukan untuk melaksanakan tugas-tugas pengeluarannya di tapak pengeluaran berskala kecil, keadaan ini memberi gambaran bahawa proses penghasilannya adalah mudah. Tiga proses utama diperlukan untuk menghasilkan bata ini, pertama ialah persediaan bahan, kedua proses pembentukan dan pemadatan, dan akhirnya proses pengawetan. Penyediaan bahan perlu dilakukan dengan baik dengan memilih bahan yang sesuai untuk mendapat kualiti terbaik, adunan bahan tadi kemudian akan dimasukkan ke dalam acuan dan dikenakan daya mampatan secukupnya. Sebaik sahaja bata terhasil ia perlu diawet untuk menyempurnakan pembinaan kekuatannya.

### **2.4 Adunan Bahan**

Tanah, pasir, bahan penstabil dan air adalah bahan-bahan yang diperlukan untuk menghasilkan bata saling mengunci. Biasanya bahan tempatan terutamanya tanah akan digunakan untuk mengoptimalkan sumber tempatan disamping untuk menjimatkan kos pengeluaran. Perbandingan bahan-bahan ini adalah berbeza-beza mengikut praktik pengeluaran yang berbeza-beza. Perbandingan campuran pada kadar penggunaan pasir sebanyak 45%, tanah sebanyak 45% dan simen sebagai penstabil sebanyak 10%, menghasilkan bata yang berkekuatan mampatan purata 12 hingga 15 N/mm<sup>2</sup> dan mempunyai kadar serapan air sebanyak 13.5% hingga 17%, memenuhi spesifikasi bagi kegunaan biasa dalam Piawaian British. Berikut adalah pertimbangan yang diperlukan untuk bahan-bahan bata saling mengunci:

### **2.4.1 Tanah**

Tanah adalah merupakan mana-mana bahan mineral yang terletak di antara lapisan permukaan bumi dan lapisan tanah tak telap air dalam permukaan bumi. Tanah berbutir adalah tanah yang paling sesuai untuk digunakan bersama-sama dengan simen. Tanah berbutir berupaya untuk teradun dengan lebih mudah bersama-sama simen berbanding dengan tanah halus. Penggunaan tanah yang halus akan mendorong penggunaan simen yang banyak.

Biasanya tanah dengan kandungan partikel yang melepasi ayak No.200 (0.075mm) pada peratusan 5% hingga 35% menghasilkan bata saling mengunci yang paling ekonomi. Tanah yang mengandungi bahan organik melebihi 2%, biasanya tidak sesuai untuk distabilkan. Kebanyakan bahan organik adalah bersifat asidik, keadaan ini akan mengganggu proses hidrasi simen yang memerlukan keadaan berkali dan seterusnya mengganggu kekuatan dan masa membeku simen, (Taylor, 2002).

Menurut Walker dan Stace (1997), tanah yang mengandungi kandungan mineral kurang daripada 15% hingga 30% adalah yang paling sesuai untuk distabilkan dengan simen pada kadar 5% hingga 10%.

### **2.4.2 Pasir**

Pasir adalah bahan yang berasaskan kuartza. Pasir yang partikelnya bersaiz antara 4.75mm dan 0.150mm adalah pasir yang lazimnya digunakan untuk menghasilkan konkrit, mortar dan plaster (Varghese, 2006). Menurut Tan (2002), pasir boleh didapati daripada lombong atau sungai. Pasir lombong ialah pasir yang digali daripada lombong. Pasir ini banyak digunakan dan biasanya dibahagikan kepada dua jenis, iaitu pasir halus dan pasir kasar. Pasir halus yang mengandungi sedikit tanah, biasanya digunakan untuk bancuhan mortar bersama-sama pasir halus dari sungai dan simen. Bancuhan tersebut menghasilkan mortar yang bersifat plastik

dan mudah merekat walaupun kekuatannya agak kurang. Pasir kasar pula sesuai digunakan untuk membancuh konkrit dan membuat blok dan bata simen. Mutu pasir lombong dapat dipertingkatkan dengan membersihkan kandungan tanahnya dengan air.

Menurut Tan (2002), lagi pasir sungai mutunya baik jika tidak mengandungi kekotoran yang berlebihan. Bancuhan konkrit atau mortar yang menggunakan pasir sungai sahaja biasanya lebih susah dikerjakan. Oleh itu bahan tambah yang dinamakan pemudah-adun kadangkala digunakan untuk meningkatkan keboleherjaan. Jika pemudah-adun tidak digunakan, bancuhan tersebut memerlukan lebih banyak simen untuk mendapat kesenangan kerja yang sama. Kapur juga boleh digunakan untuk tujuan yang sama.

Pasir yang didapati daripada pantai laut tidak sesuai digunakan kerana pasir itu mengandungi garam yang akan menyebabkan kejadian peroi pada permukaan binaan.

Varghese (2006), menyatakan bahawa pasir dikategorikan kepada beberapa zon, iaitu zon 1 hingga zon 5 (sangat kasar sehingga sangat halus). Pasir yang sangat halus saiznya (zon 4 dan zon 5) tidak dicadangkan penggunaannya untuk pembinaan struktur yang menanggung beban kecuali ujian dilapangan membuktikan sebaliknya. Penggunaan pasir yang kasar saiznya akan meningkatkan kekuatan namun sukar untuk dikemaskan permukaannya.

### **2.4.3 Bahan Penstabil**

Bahan penstabil memainkan peranan yang penting untuk menghasilkan ikatan antara partikel-partikel bahan utama bata saling mengunci iaitu tanah dan pasir. Salah satu fungsi utama bahan penstabil ialah untuk mengurangkan sifat pembengkakkan tanah dengan menghasilkan rangka ikatan tegar di antara zarah-zarah tanah yang mana seterusnya akan meningkatkan lagi kekuatan dan

ketahananlasakan sesuatu bata yang distabilkan (Anifowose, 2000). Simen Portland adalah bahan penstabil yang paling banyak digunakan untuk menstabilkan tanah. Pelbagai kajian yang telah dilakukan sebelum ini (Walker, 1995; Guettala, *et al.*, 2002; Walker dan Stace, 1997) mendapati bahawa tanah yang indeks plastiknya kurang daripada 15 sesuai untuk distabilkan oleh simen. Lazimnya simen dicampurkan pada kadar 4 hingga 6 peratus daripada berat kering keseluruhan tanah yang digunakan (Mesbah, *et al.*, 2004). Jika kandungan simen yang digunakan dalam penghasilan bata ini melebihi 10 peratus, maka kos penghasilan bata ini sudah tidak lagi kompetitif dari ekonomi. Sebaliknya jika kandungan simen kurang daripada 5 peratus bata ini akan menjadi rapuh dan sukar untuk di kendalikan (Walker, 1995).

Simen ialah suatu bahan yang komponen utamanya terdiri daripada kapur (CaO) dan silica (SiO<sub>2</sub>). Simen dihasilkan samada secara proses kering atau proses basah. Semasa simen dihasilkan di kilang, akan terbentuk beberapa sebatian akibat daripada pencampuran bahan-bahan mentahnya. Menurut Varghese (2006), kandungan sebatian berikut akan mempengaruhi sifat sesuatu simen:

- i. Trikalsium Silikat, 3CaO.SiO<sub>2</sub> (C<sub>3</sub>S)
- ii. Dikalsium Silikat, 2CaO.SiO<sub>2</sub> (C<sub>2</sub>S)
- iii. Trikalsium Aluminat, 3CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (C<sub>3</sub>A)
- iv. Tetrakalsium aluminoforit, 4CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (C<sub>4</sub>AF)
- v. Gypsum dan lain-lain – 9.4% (maksimum)

Biasanya kandungan C<sub>2</sub>S dalam simen adalah 25%, manakala C<sub>3</sub>S pula ialah 45% dan selebihnya adalah sebatian-sebatian lain. Apabila simen dicampurkan dengan air proses hidrasi akan berlaku. Proses ini akan menyebabkan simen mulai membeku kemudian akan mengeras untuk menjana kekuatannya. Proses ini adalah berterusan dan memerlukan jumlah air yang mencukupi, (Taylor, 2002). Sebaik sahaja air dicampurkan kepada simen, nilai pH dan suhu campuran akan meningkat. Keadaan ini berlaku disebabkan tindak balas yang berlaku antara air dan C<sub>3</sub>A memandangkan gypsum mengambil masa untuk larut sepenuhnya dan mengawal tindakbalas yang berlaku dalam simen. Kemudian fasa pembekuan dan pengerasan simen akan berlaku hasil daripada tindakbalas antara C<sub>2</sub>S dan C<sub>3</sub>S.

Peratusan C3S yang tinggi dalam simen akan menghasilkan kekuatan awal dan haba penghidratan yang tinggi. Dikalsium silikat bertindak dengan air secara perlahan-lahan mengeluarkan haba dan fungsi utamanya ialah untuk menambah kekuatan simen dalam masa 14 hingga 28 hari. Bahan ini juga mempunyai rintangan yang tinggi terhadap serangan bahan kimia, (Mat Lazim, 2005).

Penggunaan simen kurang daripada 5% pula akan menghasilkan bata yang rapuh, menyebabkan ianya sukar dikendalikan. Biasanya simen pada digunakan pada kuantiti 4% hingga 10% daripada berat keseluruhan berat bahan, penggunaan simen lebih dari peratusan di atas akan menyebabkan kos pengeluaran bata tidak ekonomi, (Mesbah, *et al.*, 2004).

Bagi tanah yang indek plastiknya lebih dari 15 peratus adalah dicadangkan penggunaan kapur sebagai bahan penstabil bersama-sama dengan simen (Guettala, *et al.*, 2002). Kapur boleh dicampurkan kepada tanah liat dan simen untuk menambahbaik proses penstabilan yang berlaku. Apabila penambahan kapur dilakukan, nisbah kandungan kapur-tanah liat dalam adunan akan meningkat dan keadaan ini akan mempercepatkan proses penurunan keplastikan dalam tanah liat (Attoh dan Okine, 1995). Menurut Fetra, *et al.*, (2010), sebaik sahaja kapur dicampur kepada tanah liat, ia akan dijerap oleh mineral tanah liat sehingga kapur mencapai tahap afiniti terhadap tanah liat, proses ini dinamakan sebagai proses ikatan kapur. Proses ini biasanya memerlukan 1 hingga 3 peratus jumlah kapur daripada jumlah berat tanah liat yang digunakan. Seterusnya penambahan kapur selepas proses ikatan kapur berlaku akan menyebabkan tindak balas pozzolana berlaku di mana akan terhasilnya gel terhidrat yang akan mempertingkatkan lagi penjanaan kekuatan adunan bata yang akan berlaku secara beransur-ansur dalam tempoh waktu yang panjang (Bell, 1996).

#### 2.4.4 Air

Penggunaan air yang tercemar akan menyebabkan gangguan yang tidak dikehendaki pada kualiti sesuatu bahan, (Taylor, 2002). Menurut Mat Lazim (2005), Air yang hendak digunakan bersama-sama struktur bersimen mestilah air yang layak diminum atau diambil dari sumber yang diluluskan. Ini adalah untuk memastikan air itu bebas dari sebarang bendasing seperti zarah-zarah terapung, bahan organik dan garam-garam terlarut yang boleh memberikan kesan yang tidak diingini.

Menurut Varghese (2006), banyak struktur bersimen, seperti konkrit mengalami kecacatan akibat daripada kandungan bahan yang tidak dikehendaki yang wujud dalam air. Kandungan klorida dalam air boleh menyebabkan dan mendorong pengurangan pada besi, manakala kandungan sulfat pula berupaya mencacatkan struktur konkrit.

Jika terdapat sebarang keraguan terhadap kualiti air yang hendak digunakan, ia boleh diperiksa dengan membandingkan masa pemejalan bancuhan simen dan kekuatan mampatan yang digaul dengan air tersebut dengan konkrit yang dibancuh dengan air suling.

Penggunaan air laut secara amnya sesuai untuk konkrit tanpa tetulang, tetapi tidak untuk penghasilan bata kerana ia boleh menyebabkan masalah efflorens pada permukaanya.

Taylor (2002) menyatakan bahawa jumlah penggunaan air dalam adunan bata didasarkan kepada nisbah air-simen. Nisbah air simen sangat penting kerana ia mempengaruhi lompang udara dalam bata dan mempengaruhi kekuatan. Jadual 2.1 merupakan panduan nisbah air-simen dan kekuatan:

**Jadual 2.1** Panduan nisbah air-simen dan kekuatan oleh (Taylor, 2002)

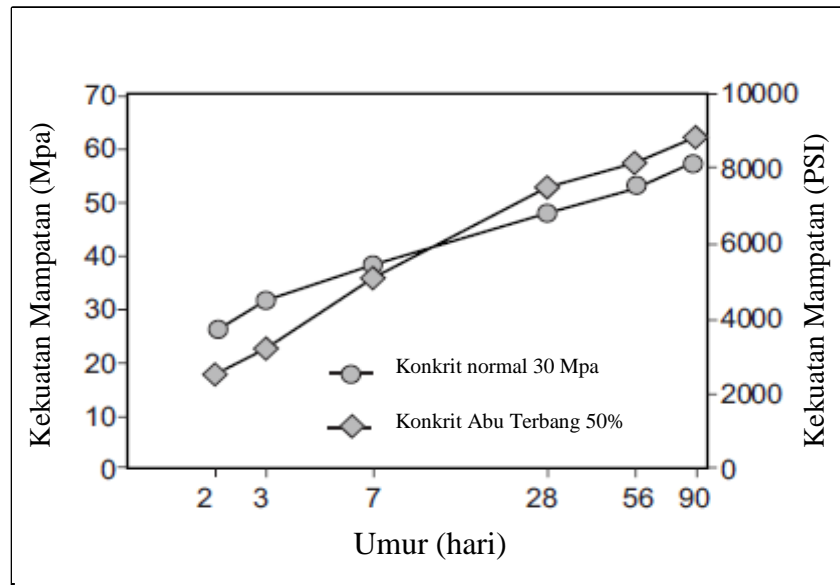
Nisbah Air-Simen	Kekuatan
0.40	Tinggi
0.60	Sederhana
0.80	Rendah

#### 2.4.5 Abu Terbang

Penggunaan Abu Terbang dalam konkrit telah lama diterima dan dipraktikkan secara meluas di seluruh dunia. Abu Terbang adalah merupakan bahan baki daripada proses pembakaran arang batu dalam relau. Menurut Thomas (2007), Abu Terbang digunakan sebagai bahan tambah dalam proses pengeluaran simen. Bahan tambah dalam simen, apabila digunakan bersama-sama dengan simen Portland biasa akan berupaya untuk menambahbaik sifat konkrit matang yang terhasil melalui tindakbalas pozzolana dan hidraulik. Pozzolana boleh didefinisikan sebagai suatu bahan yang bersilika yang memiliki sedikit atau tiada langsung ciri-ciri simen yang jika berada dalam saiz yang halus dan dengan kehadiran lembapan akan bertindakbalas secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu bilik untuk membentuk suatu bahan yang mempunyai sifat simen. Bahan Pozzolana yang banyak digunakan dalam industri ialah Abu Terbang dan *Silica Fume*.

Potensi penggunaan Abu Terbang dalam konkrit telah mula dikenalpasti sejak awal abad yang lalu. Mengikut sejarah, Abu Terbang telah digunakan dalam konkrit pada kadar 15% hingga 25%. Akaun sebenar yang sesuai bergantung kepada ciri-ciri Abu Terbang itu sendiri, piawaian yang ditetapkan dan keadaan cuaca sesuatu tempat. Kadar yang tinggi telah digunakan untuk struktur yang besar contohnya empangan. Menurut Marceau (2002), kajian telah menunjukkan bahawa kandungan Abu Terbang yang tinggi iaitu 40% hingga 60% boleh digunakan untuk membina struktur, menghasilkan konkrit yang mempunyai sifat mekanikal dan ketahananlasakan yang bagus. Berdasarkan Rajah 2.3, Thomas (2007) merumuskan penggunaan Abu Terbang pada kadar 50% sesuai untuk kebanyakan elemen pembinaan yang berupaya untuk memperuntukan proses pengawetan yang baik.





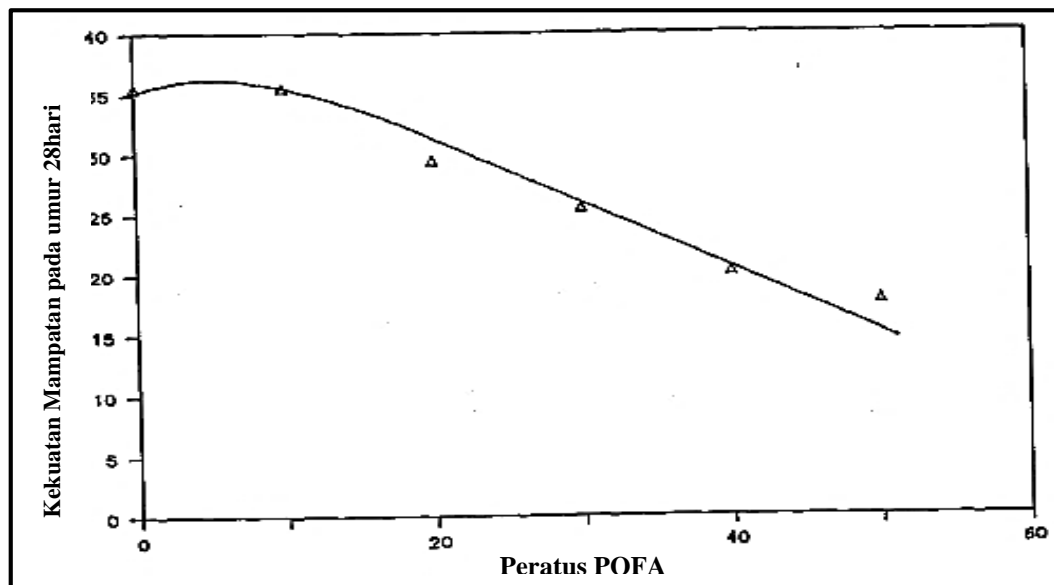
**Rajah 2.3** Peningkatan kekuatan mampatan Konkrit Abu Terbang yang digunakan di University York (Hopkins, 2001)

#### 2.4.6 POFA

Industri kelapa sawit di Malaysia menghasilkan sejumlah besar sisa pejal. Tempurung dan sabut kelapa sawit digunakan secara meluas sebagai bahan bakar dalam proses pengeluaran minyak kelapa sawit. Selepas pembakaran, abu akan terhasil dalam kuantiti yang besar menghasilkan masalah pelupusan. Banyak kajian telah dilakukan untuk mengenalpasti potensi abu kelapa sawit ini untuk digunakan sebagai bahan binaan. Menurut Tay (1990), POFA berbeza dengan Abu Terbang disebabkan oleh kandungan bahan organik dan alkali yang lebih tinggi dan saiznya yang lebih kasar.

Menurutnya lagi, penggunaan POFA bersama-sama simen tidak memberikan kesan terhadap pengasingan, pengecutan, serapan lembapan, ketumpatan dan ketahanan lasakan sesuatu bancuhan simen. Penggunaan POFA juga memberikan kesan keboleherjaan dan masa membeku simen yang baik. Penggunaan POFA pada kadar 10% memberikan kesan terhadap peningkatan kekuatan mampatan. Rezaul, *et al.*, (2011) mendapati bahawa penggunaan POFA pada kadar tertentu memberikan kesan peningkatan kekuatan mampatan. Beliau juga mendapati bahawa tiada kesan

penurunan kekuatan mampatan apabila POFA digunakan pada kadar kurang dari 30%. Abdul Awal dan Shehu (2011) mendapati penggunaan POFA dalam kuantiti yang banyak dalam konkrit mencatatkan kadar peningkatan kekuatan yang perlahan pada peringkat awal usianya. Marceau et al., (2002) menyarankan penggunaan POFA pada kadar 0-30% daripada jumlah simen untuk digunakan dalam penghasilan konkrit. Rajah 2.4 menunjukkan bahawa kadar penggantian POFA 10% adalah merupakan kadar yang paling optima untuk kekuatan mampatan yang tinggi.



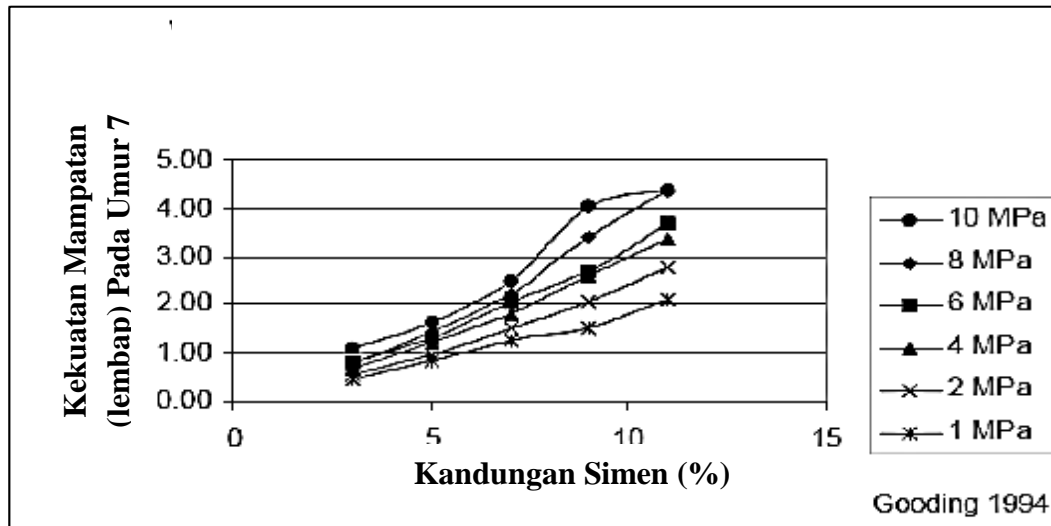
**Rajah 2.4** Kekuatan Mampatan konkrit pada umur 28 hari, (Tay, 1990)

## 2.5 Proses Pemadatan

Proses pembentukan dan pemadatan bata saling mengunci dilakukan dengan menggunakan mesin khas. Sebaik sahaja bata saling mengunci dibentuk menggunakan acuan pada mesin, proses pemadatan akan dilakukan.

Pemadatan bata saling mengunci melibatkan proses mekanikal secara menggelek atau menekan atau menghentam untuk menghalau rongga udara dalam sesuatu bahan, seterusnya memaksa zarah-zarah bahan tersebut menjadi lebih rapat antara satu sama lain. Keadaan ini akan meningkatkan ketumpatan bahan tersebut dan kesannya prestasi kekuatan dan ketahanan lasakan bahan tersebut akan bertambah.

Rasionalnya semakin tinggi kadar kerja pemadatan yang dilakukan terhadap sesuatu bata semasa proses pemadatannya, semakin tinggi kekuatan mampatannya. Rajah 2.5 menunjukkan graf oleh Gooding (1994) menunjukkan hubungan antara kandungan simen, kadar kerja pemadatan dan kekuatan mampatan pada umur 7 hari.

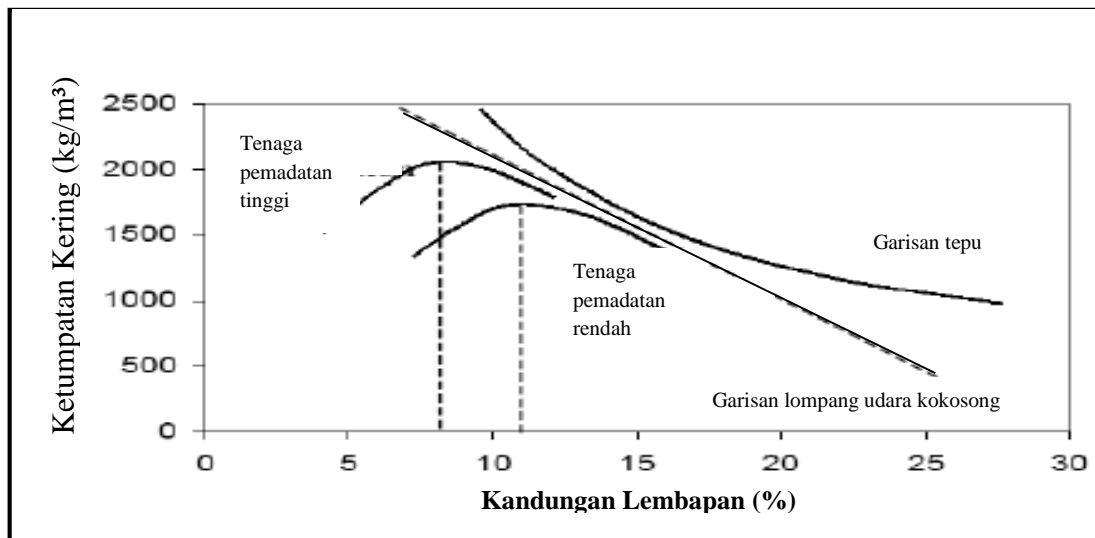


**Rajah 2.5** Hubungkait antara kerja pemadatan, kandungan simen dan kekuatan mampatan pada umur 7 hari

Berdasarkan graf di atas didapati bahawa kekuatan mampatan dipengaruhi oleh jumlah kandungan simen dan kadar kerja pemadatan. Dengan meningkatkan kadar kerja pemadatan, kekuatan mampatan sesuatu bata dapat ditingkatkan walaupun jumlah kandungan simennya adalah sama.

Menurut Parson (2002), dalam bidang kejuruteraan awam terdapat beberapa kaedah pemadatan yang sering dipraktikkan iaitu pemadatan static, penggetaran dan hentaman dinamik. Pemadatan juga boleh dilakukan dalam beberapa keadaan iaitu pemadatan secara terkurung, separa terkurung dan tidak terkurung. Blok bata dipadatkan secara dinamik dengan menggerakkan piston pemadat pada mesin menekan permukaan bata pada tekanan tertentu kemudian dengan diikuti tekanan statik (Houben dan Guillaud, 1994). Pemadatan blok bata tidak menggunakan teknologi yang tinggi dan biasanya dilakukan dalam skala yang kecil dan berlangsung dalam keadaan terkurung (Houben dan Guillaud, 1994).

Dalam aspek pemadatan bata saling mengunci semasa proses pengeluarannya, penggunaan tanah memerlukan pertimbangan kandungan lembapan optima. Rajah 2.6 menunjukkan hubungan antara kandungan lembapan optima dan ketumpatan kering. Berdasarkan graf di bawah, kerja pemadatan pada kelembapan optima menghasilkan ketumpatan kering yang paling tinggi terhadap sesuatu tanah.



**Rajah 2.6** Hubungan antara jumlah kandungan lembapan dan ketumpatan kering

## 2.6 Proses Pengawetan

Proses pengawetan bata ini, biasanya dilakukan secara semulajadi, dimana kelembapan dalam udara digunakan untuk mengawal penghidratan simen dengan menyusun dan mengudarakan bata sebaik sahaja ia dimampatkan. Kekuatan bata ini akan terbina secara perlahan-lahan dan perkara penting yang perlu diberi perhatian ialah untuk mengelakkan pengeringan secara drastik terhadap bata yang terhasil kerana itulah bata ini perlu diawet di bawah kepingan polythene atau guni basah pada udara sekitar yang mana kelembapan udara yang paling baik ialah minimum 70% untuk membenarkan penghidratan optimum simen yang digunakan selama 28 hari (Guettala, et al. 2006; Freidin dan Erell, 1995; Walker, 2004).

## 2.7 Kekuatan Mampatan

Kekuatan mampatan merupakan suatu ciri bahan yang penting dalam menilai kemampuan sesuatu struktur bata. Menurut nota teknikal *The Brick Industry Association, U.S* secara amnya, peningkatan kekuatan mampatan unit bata akan menjuruskan kepada peningkatan kekuatan mampatan dan modulus elastik sesuatu struktur gabungan ikatan bata. Kekuatan mampatan sesuatu bata saling mengunci sangat berkait rapat dengan ciri-ciri tanah dan penstabil yang digunakan.

Selain itu ia juga dipengaruhi oleh jenis dan kerja-kerja mampatan yang dilakukan. Biasanya penentuan kekuatan mampatan terhadap bata akan dilakukan dalam keadaan ianya lembap untuk mendapatkan nilai terendah sesuatu kekuatan mampatan bata. Penurunan kekuatan mampatan sesuatu bata pada keadaan lembap berlaku disebabkan oleh tekanan air liang dan proses pencairan zarah-zarah tanah liat yang tidak stabil dalam bata. Memandangkan tiada piawaian yang khusus dalam kekuatan mampatan terhadap bata saling mengunci, maka piawaian yang digunapakai terhadap bata tanah liat bakar digunakan.

Terdapat banyak piawaian bata tanah liat bakar dalam kekuatan mampatan yang boleh dijadikan rujukan. BS 3921 (1985) mengkategorikan kekuatan mampatan bata kepada kelas kejuruteraan A dan B, seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2.2. Bata kelas ini lazimnya digunakan untuk struktur yang memerlukan nilai estetika dan kekuatan dalam masa yang sama. Bagi bata kedap air dan bata selain kategori di atas kekuatan minima yang ditetapkan oleh BS 3921 (1985) ialah  $5 \text{ N/mm}^2$ .

**Jadual 2.2** Pengkelasan Bata Berdasarkan Kekuatan Mampatan Dan Serapan Lembapan (BS3912, 1985)

Kelas	Purata Kekuatan Mampatan (N/mm <sup>2</sup> )	Serapan Lembapan (5 jam dididih) % Mengikut Berat
Kejuruteraan A	$\geq 70$	$\leq 4.5$
Kejuruteraan B	$\geq 50$	$\leq 7.0$
Kalis Air 1	$\geq 5$	$\leq 4.5$
Kalis Air 2	$\geq 5$	$\leq 7.0$
Lain-Lain	$\geq 5$	Tiada Had

## 2.8 Penyerapan Air Dan Serapan Awal

Menurut Walker (1997), serapan lembapan akan meningkat berkadar dengan meningkatnya kandungan tanah dan akan menurun dengan menurunnya kandungan simen. Kadar serapan lembapan sesuatu bata adalah sangat berkait rapat dengan ciri-ciri tanah dan kandungan simen dalam aduan bata yang mana memberikan kesan kepada kekuatan dan ketahananlasakan sesuatu bata. Oleh itu penentuan kadar serapan lembapan adalah sangat penting untuk menjamin kestabilan sesuatu struktur bata. Jadual 2.3 menunjukkan kadar serapan lembapan maksima yang disarankan oleh Piawaian India, IS3102 (1971) bagi sesuatu bata. Oti, *et al.* (2009) menyatakan bahawa kadar serapan lembapan sesuatu bata meningkat berkadar dengan usia sesuatu bata. Kadar serapan air yang tinggi oleh sesuatu bata akan menyebabkan pembengkakkan zarah-zarah tanah yang telah distabilkan dalam bata tersebut dan akan menyebabkan penurunan kekuatan (Fetra, *et al.* 2010).

Kadar serapan awal (KSA) ialah kemampuan sedutan air sesuatu bata pada peringkat awal pendedahannya kepada air. Illston dan Domone (2001), menyatakan bahawa KSA bata yang yang baik ialah antara 0.25 kg/min/m<sup>2</sup> hingga 2.00 kg/min/m<sup>2</sup>. Kadar serapan awal bata yang tinggi, iaitu lebih daripada 2.00 kg/min./m<sup>2</sup> akan mengganggu kekuatan mortar untuk ikatan bata. Piawaian Amerika, ASTM C67 (1990) pula menetapkan kadar serapan awal air yang baik ialah kurang dari 1.55 kg/min/m<sup>2</sup>. Proses hidrasi simen dalam mortar memerlukan jumlah air yang

mencukupi untuk mendorong pembinaan kekuatan mortar. Jika kadar serapan awal sesuatu bata itu tinggi, ia akan menyerap air pada mortar sebaik sahaja ia diletakkan pada bata dengan jumlah yang tinggi, keadaan ini akan menyebabkan air yang diperlukan oleh simen mortar akan tidak mencukupi, seterusnya menurunkan kekuatan ikatan mortar tersebut. Jika unit bata mempunyai kadar serapan awal yang terlalu rendah pula, iaitu kurang daripada  $0.25 \text{ kg/min/m}^2$ , air dari mortar akan meleleh atau berlaku penjujukan pada mortar tersebut, keadaan ini juga akan melemahkan ikatan antara unit bata dan mortar.

**Jadual 2.3** Sifat Am Fizikal Bagi Bata Tanah Liat (IS3102, 1971)

	Class I Bricks	Class II Bricks	Class III Bricks
Keperluan Am	Mempunyai warna yang seragam, terbakar sepenuhnya tetapi tidak terlebih bakar, mestilah mempunyai sisi berbentuk segiempat sempurna, selari dan bersudut dengan baik. Mempunyai tekstur yang padat dan seragam.	Mempunyai warna yang seragam, sedikit terlebih bakar. Terdapat sedikit kecacatan pada bentuk dan sudut sisinya. Mempunyai tekstur yang padat dan seragam.	Sedikit terlebih atau terkurang bakar. Terdapat kecacatan pada bentuk dan sudut sisinya. Ketidakteraturan dan kecacatan pada bentuknya tidak mengakibatkan kesukaran dalam penggunaannya.
Serapan lembapan	Tidak melebihi 20 peratus dari beratnya.	Tidak melebihi 22 peratus dari beratnya.	Tidak melebihi 25 peratus dari beratnya.
Efflorensi	Sedikit	Sedikit	Sederhana

## 2.9 Ketumpatan

Kebanyakan pengkaji mendapati bahawa, ketumpatan bata yang diperbuat daripada tanah termasuklah bata saling mengunci, ketumpatannya berada dalam lingkungan  $1500 \text{ ke } 2000 \text{ kg/m}^3$ . Ketumpatan sesuatu bata mempengaruhi beberapa aspek fizikal bata, iaitu rintangan kebakaran, kekuatan mampatan, penebatan haba dan penebatan bunyi. Oti (2009) mendapati bahawa konduktiviti termal sesuatu bata,

banyak dipengaruhi oleh ketumpatan dan kandungan lembapannya. Menurut *United Kingdom Building Regulation*, bata yang mempunyai ketumpatan 1760 hingga 1800 kg/m<sup>3</sup> mempunyai rintangan terhadap bunyi yang mencukupi.



## BAB 3

### METODOLOGI

#### 3.1 Pengenalan

Bab ini menerangkan tentang proses dan prosedur kerja yang dijalankan ke arah untuk mencapai objektif kajian. Pertama ialah proses mendapatkan sampel bata dan maklumat berkenaan penisbahan bahan serta teknik pengeluaran. Tiga pusat pengeluaran bata saling mengunci di sekitar negeri Terengganu telah dipilih untuk tujuan kajian ini. Lawatan dilakukan ke pusat pengeluaran tersebut untuk tujuan pengumpulan maklumat dan pengambilan sampel. Jadual 3.1 menunjukkan lokasi pusat pengeluaran tersebut:

**Jadual 3.1** Lokasi kilang bagi sampel bata saling mengunci kajian

Sampel	Lokasi	Kuantiti
Sample P	Pengkalan Chepa, Kelantan	10
Sample D	Dungun, Terengganu	10
Sampel K	Kuala Berang, Terengganu	10

Sampel yang diambil dari setiap pusat pengeluaran dibawa ke makmal untuk kerja-kerja pengujian. Sampel tersebut diambil daripada peringkat fasa pengeluaran bata saling mengunci yang berbeza-beza. Maklumat yang dikehendaki diperolehi dengan kaedah menemubual individu yang terlibat dalam proses pengeluaran bata tersebut.

### 3.2 Temubual

Proses temubual dijalankan pada setiap pusat pengeluaran terhadap individu tertentu yang menyelia proses pengeluaran bata saling mengunci. Temubual ini dilaksanakan untuk mengenalpasti maklumat berikut:

- i. Bahan-bahan yang digunakan untuk menghasilkan bata saling mengunci
- ii. Penisbahan bahan yang digunakan dalam adunan bata saling mengunci
- iii. Teknik pengeluaran yang dipraktikkan untuk menghasilkan bata saling mengunci

Maklumat yang diperolehi daripada setiap pusat pengeluaran akan direkod dalam borang temubual yang disediakan.

### 3.3 Pengujian Sampel

Sampel yang diambil dari setiap pusat pengeluaran diuji di makmal untuk mengenalpasti ciri-ciri kualitinya. Terdapat beberapa makmal ujian yang bertauliah telah dipilih untuk tujuan pengujian ini. Jadual 3.2 menunjukkan lokasi makmal yang digunakan untuk pengujian.

**Jadual 3.2** Lokasi makmal pengujian bagi sampel bata saling mengunci kajian

Bil	Makmal	Ujian
1	Makmal Teknologi Konkrit, Politeknik Sultan Mizan Zainal Abidin, Dungun, Terengganu.	Ujian Serapan Lembapan, Ujian Kadar Serapan Awal, Ujian Dimensi dan Ujian Penentuan Ketumpatan
2	Makmal Babena Sdn Bhd, Paka, Dungun.	Ujian Kekuatan Mampatan

Kerja-kerja pengujian sampel bata dijalankan mengikut prosedur yang telah ditetapkan dalam piawaian tertentu, berikut adalah ujian-ujian yang dilaksanakan:

### 3.3.1 Ujian Toleransi Dimensi

Dimensi toleransi bagi sampel bata saling mengunci diukur berdasarkan panjang, lebar dan tinggi keseluruhan 10 biji bata disusun sebaris dan juga untuk setiap unit bata tersebut. Ujikaji dilakukan terhadap 10 bata saling mengunci untuk menguji toleransi dimensi berdasarkan IS 3102 (1971). Untuk pengujian panjang keseluruhan, sampel bata disusun dalam dua baris, setiap satu baris dengan 10 unit, disusun di atas permukaan rata di dalam makmal dan pengukuran dibuat dengan menggunakan pita pengukur. Pengujian berdasarkan setiap unit pula akan dilakukan dengan angkup vernier. Purata dimensi bagi panjang, lebar dan tinggi sampel bata saling mengunci dari setiap pusat pengeluaran yang berbeza dilaporkan dalam bentuk jadual dan disemak dengan toleransi yang dibenarkan dalam piawaian.

### 3.3.2 Ujian Kadar Serapan Awal

Sebanyak 5 unit sampel bata digunakan untuk tujuan ujikaji ini. Prosedur ujikaji dijalankan berdasarkan ASTM C67 (1990) dan dimulakan dengan mengeringkan sampel bata ini di dalam oven pada suhu 110° C selama 2 hari. Bata kemudian dikeluarkan dari oven dan dibiarkan menyejuk pada suhu bilik selama lebih kurang 4 jam. Sebaik sahaja disejukkan sampel bata ditimbang dan berat keringnya akan direkodkan sebagai  $m_w$ . Sampel bata kemudian diletakkan di dalam sebuah dulang cetek bersaiz 600mm x 600mm yang luasnya 0.36m<sup>2</sup> yang diisi dengan air pada ketinggian 3mm±1mm. Sampel bata dibiarkan terendam selama 1 minit dan kemudian lebih air di permukaannya di keringkan dengan menggunakan kain basah. Sampel seterusnya ditimbang dan bacaan direkodkan sebagai  $m_d$ . KSA bata dikira dengan menggunakan persamaan 3.1.

$$KSA = \frac{(m_d - m_w)}{A_{\text{gross}}} \quad (\text{persamaan 3.1})$$

Kadar serapan awal unit bata dari setiap pusat pengeluaran berbeza yang diperolehi dari ujikaji ini akan disemak dengan piawaian yang relevan dan dilaporkan dengan

menggunakan jadual. Rajah 3.1 menunjukkan proses ujian serapan lembapan yang dilakukan di makmal.



**Rajah 3.1** Ujian Serapan Awal di Makmal Politeknik Sultan Mizan

### 3.3.3 Ujian Serapan Lembapan

Bata yang telah dikeringkan semasa ujian KSA tadi digunakan kembali bagi ujikaji ini. Rajah 3.2 menunjukkan proses pengeringan dalam oven yang dijalankan di makmal. Prosedur ujikaji ini adalah merujuk kepada IS 3495 (1972). Maklumat berat kering bagi sampel bata tersebut telah diperolehi daripada ujikaji sebelum ini iaitu  $m_w$ . Sebuah tangki yang boleh memuatkan 5 biji bata digunakan untuk merendam bata di dalam air. Bata disusun di dalam tangki untuk membolehkan air dapat bergerak melalui setiap sampel bata dan dibiarkan dalam air selama 24 jam kemudian ditimbang kepada gram terdekat dan direkodkan sebagai  $m_s$  Serapan lembapan sesuatu bata dikira dengan menggunakan persamaan 3.2.

$$\text{Serapan Lembapan} = \frac{100(ms - mw)}{mw} \quad (\text{persamaan 3.2})$$

Kadar serapan lembapan sampel unit bata daripada pusat pengeluaran bebeza yang diperolehi disemak dengan piawaian yang dicadangkan oleh Indian Standard.



**Rajah 3.2** Sampel dikeringkan dalam oven selama 48 jam pada suhu 110°C

### 3.3.4 Ujian Kekuatan Mampatan

Ujikaji ini dilaksanakan berdasarkan BS 3921 (1985) menggunakan 3 sampel bata saling mengunci. Setiap sampel bata direndam dalam air selama 16 jam dengan suhu air dikekalkan antara 10°C hingga 25°C di dalam sebuah tangki. Sampel bata kemudian dikeluarkan dari tangki, dibiarkan kering selama lebih kurang setengah jam pada suhu bilik. Guni basah digunakan untuk menutup permukaan atas bata, untuk mengelakkan kehilangan lebih lembapan semasa proses pengeringan. Setelah itu, lebih lembapan pada unit bata dikeringkan dengan bantuan kain. Sampel bata kemudiannya diuji dengan mesin mampatan dengan kadar kenaikan beban tidak melebihi 35 N/mm<sup>2</sup> per minit. Semasa ujian berlangsung permukaan unit bata yang diuji dilapik dengan papan lapis setebal lebih kurang 4mm untuk memastikan keseragaman beban mampatan yang dikenakan. Beban maksimum yang

mampu ditanggung oleh setiap sampel bata direkod dan kekuatan mampatan bata tersebut akan dikira dengan menggunakan persamaan 3.3.

$$\text{Kekuatan Mampatan} = \frac{\text{Beban maksimum}}{\text{Luas terkecil}} \quad (\text{persamaan 3.3})$$

Kekuatan mampatan sampel unit bata yang diperolehi dilaporkan dalam jadual bagi setiap pusat pengeluaran berbeza dan disemak dengan piawaian yang dicadangkan oleh piawaian yang sesuai. Rajah 3.3 menunjukkan proses pelaksanaan ujian kekuatan mampatan terhadap sampel bata kajian yang telah direndam dalam air terlebih dahulu selama 16 jam.



**Rajah 3.3** Ujian Kekuatan Mampatan yang dilakukan di Makmal Q Pile, Babena

### 3.3.5 Penentuan Ketumpatan

Sejumlah 3 biji sampel bata dari sampel A, B dan C dari pusat pengeluaran yang berbeza dipilih secara rawak bagi melaksanakan penentuan ini. Sampel yang dipilih dikeringkan terlebih dahulu dalam oven pada suhu 100°C dalam tempoh minimum 24 jam. Setiap sampel kemudian ditimbang beratnya kepada 1 gram terhampir. Ketumpatan akan dikira dengan menggunakan persamaan 3.4.

$$\text{Ketumpatan} = \frac{\text{Jisim}}{\text{Isipadu}} \quad (\text{persamaan 3.4})$$

### 3.3.6 Analisa Data

Data-data keputusan hasil daripada ujikaji-ujikaji di atas terhadap sampel bata saling mengunci A, B dan C yang diambil daripada tiga pusat pengeluaran yang berbeza dilaporkan dalam bentuk jadual yang sesuai menggunakan Microsoft excel. Perbandingan keputusan antara pusat pengeluaran bata saling mengunci yang berbeza bagi semua ujikaji tersebut dikaji dan dilaporkan dalam bentuk grafik juga menggunakan *Microsoft excel*. Hubungkait antara data-data hasil ujikaji dan penisbahan bahan dalam adunan bata yang diperolehi daripada proses temubual di setiap pusat pengeluaran sampel bata A, B dan C juga diteliti dan dibincangkan dan dilaporkan dalam bentuk graf.

## 3.4 Adunan Dan Proses Penghasilan Bata Saling Mengunci Kawalan, POFA Dan Abu Terbang

Bata saling mengunci ubahsuai dihasilkan dengan menggantikan sebahagian simen Portland di dalam adunan bata saling mengunci dengan sejumlah POFA dan Abu Terbang pada kadar seperti yang dicadangkan dalam kajian literature. Penggantian ini dilakukan untuk mengenalpasti potensi penggunaan Abu Terbang dan POFA dalam bancuhan bata saling mengunci. Simen yang digunakan dalam bancuhan ini adalah simen Portland biasa. Pasir yang digunakan adalah pasir saiz sedang manakala tanah yang digunakan adalah tanah laterit dari sumber yang berdekatan dengan Indek Plastiknya adalah 9% sesuai dengan cadangan dalam kajian literature yang mana memberi cadangan tanah yang sesuai untuk distabilkan simen adalah tanah yang indeks plastiknya kurang dari 15%.

### 3.4.1 Nisbah Adunan Bata Saling Mengunci Ubahsuai Dan Kawalan

Secara amnya nisbah untuk bancuhan bata saling mengunci kawalan dan ubah suai ialah pada kadar 18% simen: 41% tanah: 41% pasir. Penggunaan POFA dan Abu Terbang sebagai pengganti simen dalam bancuhan adunan bata ini dibuat pada satu peratusan sahaja iaitu POFA pada kadar 10% dan Abu Terbang pada kadar 50%. Tahap peratusan ini diperolehi daripada penelitian dalam kajian literatur. Menurut kajian sebelum ini, kedua-dua peratusan ini merupakan peratusan yang paling efektif bagi kedua-dua jenis bahan bagi digunakan bersama-sama simen. Kandungan simen pada kadar 18% adalah merujuk kepada penggunaan kadar simen yang dipraktikkan di salah sebuah kilang kajian. Jadual 3.3 menunjukkan jumlah bahan dalam setiap adunan bata kawalan dan ubahsuai.

**Jadual 3.3** Nisbah adunan Bata Saling Mengunci POFA, Abu Terbang dan Kawalan

Jenis Bata	Simen (g)	Tanah (g)	Pasir (g)	Abu Terbang (g)	POFA (g)	Peratusan Simen dalam bancuhan (%)
Kawalan	1980	4950	4950	Tiada	0	18
POFA	1782	4950	4950	Tiada	198	15
Abu Terbang	990	4950	4950	990	0	9

Bagi kajian ini tiga sampel dihasilkan bagi setiap bancuhan untuk tujuan pengujian di makmal. Rajah 3.4 dan 3.5 menunjukkan proses persediaan bahan bagi menyediakan sampel bata Abu Terbang, POFA dan kawalan di makmal.





**Rajah 3.4** Proses penyediaan bahan di makmal untuk sampel POFA dan Abu Terbang



**Rajah 3.5** Tanah yang telah siap digredkan digunakan untuk adunan sampel

### 3.4.2 Prosedur Penghasilan Bata Saling Mengunci Ubahsuai Dan Kawalan

Bata ubahsuai dan kawalan diadun dan dibancuh secara manual di makmal berdasarkan nisbah bancuhan di atas. Setiap bahan ditimbang beratnya dan diadun dalam dulang menggunakan sudip sehingga sekata. Air kemudian sedikit demi sedikit sehingga adunan mencapai tahap keboleherjaan yang dikehendaki.

Kebolehkeraan yang sesuai dapat dikenalpasti dengan menggenggam adunan dengan tangan dan kemudian dihancurkan juga menggunakan tangan dengan genggaman yang lebih kuat. Tahap kebolehkeraan yang baik dapat dikenal pasti dengan adunan segar bata dapat dibentuk dengan baik pada genggaman pertama dan kemudian dapat dihancurkan dengan baik pada genggaman yang kedua yang lebih kuat.

Adunan kemudian dimasukkan ke dalam acuan yang bersaiz 250x125x70 mm dalam dua lapisan dan kemudian pemadatan akan dibuat pada setiap lapisan secara manual pada kadar yang seragam bagi setiap sampel. Rajah 3.6 menunjukkan acuan yang digunakan untuk membentuk sampel di makmal. Acuan kemudian diangkat dan kemudian akan dibiarkan mengering pada suhu bilik selama 24 jam dan seterusnya diawet selama 7 hari dengan melakukan semburan air. Bata kemudian dibiarkan pada suhu bilik sehingga mencapai usia 28 hari untuk diuji. Rajah 3.7 menunjukkan proses pengadunan bahan yang telah dijalankan di makmal secara manual. Manakala rajah 3.8 pula menunjukkan sampel yang telah siap dihasilkan dan diawet di makmal.



**Rajah 3.6** Acuan yang digunakan untuk hasilkan sampel di makmal



**Rajah 3.7** Proses persediaan sampel POFA dan Abu Terbang di makmal



**Rajah 3.8** Sampel kawalan, POFA dan Abu Terbang yang dihasilkan di makmal yang siap terawet

## **BAB 4**

### **KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN**

#### **4.1 Pendahuluan**

Bab ini menerangkan perbincangan hasil pemerhatian dan dapatan daripada ujian-ujian yang dilakukan terhadap bata saling mengunci dari tiga kilang pengeluaran yang berbeza. Bab ini juga menerangkan dapatan analisa ujian-ujian yang dibuat terhadap specimen kawalan dan bata saling mengunci yang diubahsuai bancuhannya dengan menggunakan POFA dan Abu Terbang. Maklumat dan data yang diperolehi dipersembahkan dalam bentuk jadual dan graf untuk melihat perbandingan dan hubungkait antara satu sama lain. Sifat fizikal setiap bata saling mengunci dianalisa dengan melakukan ujian toleransi dimensi, ujian ketumpatan, ujian serapan awal lembapan dan ujian lembapan. Sifat mekanikal bata pula dianalisa dengan melakukan ujian kekuatan mampatan. Kesemua bata yang diuji samada dari kilang atau specimen kawalan dan ubahsuai berumur 28 hari puratanya.

Nisbah adunan bahan bagi sampel bata dari ketiga-tiga kilang kajian juga akan dilaporkan dalam bab ini bagi memudahkan proses analisa dilakukan.

#### **4.2 Adunan Bata Dari Kilang**

Hasil daripada lawatan yang dilakukan di kilang-kilang kajian dan temuramah yang dijalankan terhadap penyelia pengeluaran kilang tersebut, beberapa

adunan bata saling mengunci telah diperolehi. Secara amnya dua kilang kajian iaitu kilang P dan Kilang K menggunakan nisbah bancuhan adunan yang sama, manakala Kilang D pula menggunakan nisbah yang sedikit berbeza. Kesemua kilang menggunakan simen Portland biasa pada kadar penghasilan kekuatan yang sama tetapi berlainan jenis tanpa melibatkan sebarang penggunaan bahan tambah. Kesemua kilang menggunakan teknik pemadatan yang sama, iaitu secara tekanan acuan pada tahap kekuatan yang sama. Pasir yang digunakan bagi semua kilang dari sumber yang berbeza tetapi pada kelas saiz yang sama iaitu pasir bersaiz halus (pasir untuk mortar lepaan). Tanah jenis laterit digunakan oleh kesemua kilang di dalam adunan bancuhan mereka, tetapi berpunca daripada tempat yang berbeza-beza. Rajah 4.1 menunjukkan lawatan yang telah dilakukan di salah sebuah kilang bata kajian. Rajah 4.2 dan 4.3 pula menunjukkan gambar bahan mentah untuk adunan di kilang manakala Rajah 4.4 menunjukkan bahan mentah yang telah siap di adun. Peralatan dan mesin yang digunakan di kilang ditunjukkan dalam Rajah 4.5 dan 4.6.

Teknik pengeluaran bata juga adalah sama bagi setiap kilang kajian. Jadual 4.1 menunjukkan nisbah adunan yang dipraktikkan oleh setiap kilang.

**Jadual 4.1** Nisbah Adunan Bahan Bata Saling Mengunci Dari Kilang

Kilang	Kandungan Simen(Kg)	Kandungan Tanah(kg)	Kandungan Pasir(kg)	Peratus Simen (%)
P	50	100	100	20
D	50	120	100	18.5
K	50	100	100	20

Tidak terdapat nisbah air simen yang spesifik digunakan dalam bancuhan bagi ketiga-tiga kilang namun terdapat teknik yang sama digunakan pada setiap kilang untuk mengawal keboleherjaan mereka semasa pengeluaran. Bancuhan segar yang telah siap dibancuh akan dikepal dan kemudian dihancurkan menggunakan tangan untuk menilai tahap keboleherjaan mereka. Teknik ini dipraktikkan pada kesemua kilang kajian.

Kesemua bata dari kilang kajian menunjukkan ciri-ciri yang berbeza-beza antara setiap pusat pengeluaran. Perbezaan ini dibincangkan lebih lanjut selepas ini.

Bata saling mengunci dijual pada sekitar harga RM 1.70 hingga RM1.80 seunit bergantung kepada jenis bata saling mengunci. Harga ini jauh lebih mahal dari harga bata jenis lain di pasaran seperti bata tanah liat dan bata simen. Hasil daripada penelitian, didapati bahawa kos penghasilan bata ini agak tinggi kerana penggunaan jumlah simen yang agak banyak dalam bancuhan adunan mereka. Tahap kandungan simen yang paling ekonomi yang dicadangkan oleh kebanyakan pengkaji bata dari jenis ini ialah 10% bagi tujuan pengeluaran secara besar-besaran. Pihak pengeluar bata ini sangat mengalu-alukan sebarang kaedah untuk membantu mereka menurunkan kos harga bata mereka untuk membolehkan mereka bersaing di pasaran. Kebanyakan kilang pengeluaran tidak melakukan sebarang ujian terhadap tanah yang digunakan di kilang masing-masing menyebabkan adunan kadangkala menjadi tidak begitu efektif. Terdapat saranan jenis tanah yang sesuai untuk distabilkan simen oleh kajian-kajian sebelum ini, tetapi para pengilang tidak mengetahui maklumat ini.



**Rajah 4.1** Lawatan dan proses pengambilan sampel di salah sebuah kilang kajian





**Rajah 4.2** Pasir dan tanah yang digunakan di kilang



**Rajah 4.3** Simen yang digunakan di kilang



**Rajah 4.4** Bahan-bahan bata saling mengunci yang telah siap diadun



**Rajah 4.5** Mesin pemadat yang digunakan di kilang





**Rajah 4.6** Mesin pengadun yang digunakan di kilang

### 4.3 Toleransi Dimensi

Keseragaman saiz bata yang dikeluarkan oleh kilang adalah sangat penting untuk memudahkan kerja ikatan bata dilakukan yang seterusnya membantu mendapatkan saiz struktur yang tepat. Hasil dapatan yang diperolehi melalui ujian toleransi dimensi terhadap kilang P dilaporkan di dalam Jadual 4.2.

**Jadual 4.2** Keputusan Toleransi Dimensi Bata Kilang P

Bil	Panjang(mm)	Lebar(mm)	Tebal(mm)
1	250	127	100
2	250	127	100
3	250	127	100
4	250	127	100
5	250	127	100
6	250	127	100
7	250	127	100
8	250	127	100
9	250	127	100
10	250	127	100
Kumulatif	2500	1270	1000
Toleransi	+0.0%	+1.6%	+0.0%

Berdasarkan Jadual 4.2 didapati bahawa bata saling mengunci yang dihasilkan oleh kilang P secara amnya mempunyai saiz seragam dan mematuhi saiz piawai bata saling mengunci di Malaysia dengan catatan bacaan toleransi 0% pada dimensi panjang dan tebalnya, tetapi dimensi lebarnya mempunyai sedikit kelebihan iaitu sebanyak 1.6%. Bagi kilang K pula dapatan analisa toleransi dimensi adalah seperti dalam Jadual 4.3.

**Jadual 4.3** Keputusan Toleransi Dimensi Bata Kilang K

Bil	Panjang(mm)	Lebar (mm)	Tebal(mm)
1	255	130	100
2	255	130	100
3	255	130	100
4	255	130	100
5	255	130	100
6	255	130	100
7	255	130	100
8	255	130	100
9	255	130	100
10	255	130	100
Kumulatif	2550	1300	1000
Toleransi Dimensi	+2.0%	+4.0%	0.0%

Bata yang dihasilkan oleh kilang K secara amnya juga mempunyai saiz yang seragam namun pada dimensi panjang dan lebarnya, bata tersebut mempunyai lebih sebanyak 2% dan 4%. Bata saling mengunci tidak mempunyai piawaian yang khusus untuk toleransi dimensi, namun menurut IS3102 (1971) had toleransi yang digunakan untuk bata tanah liat kelas 1 ialah  $\pm 3\%$  dan ini sekaligus menggambarkan bata saling mengunci dari kilang ini mempunyai lebih saiz pada lebarnya sebanyak 1% jika dibandingkan dengan saiz piawai bata saling mengunci di pasaran Malaysia.

Kilang D pula merekodkan dimensi toleransi bata seperti di dalam Jadual 4.4. Keputusan pada Jadual 4.4 menunjukkan bahawa Kilang D mengeluarkan bata yang mematuhi saiz piawai bata saling mengunci di Malaysia dengan hanya merekodkan

toleransi dimensi yang kecil pada dimensi panjangnya iaitu sebanyak 0.4%. Dimensi toleransi bagi lebar dan tebal kilang ini adalah 0%.

**Jadual 4.4** Keputusan Toleransi Dimensi Bata Kilang D

Bil	Panjang(mm)	Lebar (mm)	Tebal(mm)
1	251	125	100
2	250	125	100
3	251	125	100
4	251	125	100
5	251	125	100
6	251	125	100
7	251	125	100
8	251	125	100
9	251	125	100
10	251	125	100
Kumulatif	2509	1250	1000
Toleransi Dimensi	+0.4%	0.0%	0.0%

#### 4.4 Ketumpatan

Ketumpatan merupakan elemen yang sangat penting dalam proses pengeluaran bata saling mengunci, kerana ia mempengaruhi kos pengeluaran dan prestasi fizikal dan mekanikal sesuatu bata. Secara amnya, semakin tinggi ketumpatan sesuatu bata, maka ciri-ciri fizikal dan mekanikalnya juga akan lebih baik, tetapi jika dilihat dari aspek pengeluaran bata semakin tinggi ketumpatan sesuatu bata maka semakin tinggi kos pengeluarannya. Jika sesuatu kilang dapat menghasilkan sesuatu bata yang mempunyai ketumpatan yang rendah tetapi berprestasi tinggi, keadaan ini akan menjadi suatu kelebihan pada kilang tersebut untuk bersaing dalam pasaran. Jadual 4.5 dan Jadual 4.6 menunjukkan keputusan terhadap pengukuran ketumpatan terhadap bata-bata yang dikaji. Secara amnya kebanyakan sampel bata samada dari kilang, kawalan dan ubahsui menunjukkan bacaan yang konsisten di dalam kategori masing-masing tanpa perbezaan ketumpatan yang besar antara satu sama lain. Ini menunjukkan bahawa proses penghasilan bata-bata tersebut telah melalui proses pengeluaran yang seragam. Keadaan ini amat

penting, terutamanya untuk bata kilang, kerana keseragaman proses pengeluaran dapat menjamin kualiti bata yang konsisten.

Secara puratanya bata dari kilang P mempunyai ketumpatan sebanyak 1744 kg/m<sup>3</sup>. Ketumpatan terendah bata yang dikeluarkan oleh kilang P ialah 1698 kg/m<sup>3</sup> manakala ketumpatan tertinggi ialah 1771 kg/m<sup>3</sup>. Ketumpatan tertinggi bata dari kilang D pula ialah 1857 kg/m<sup>3</sup> manakala ketumpatan terendah pula ialah 1748 kg/m<sup>3</sup>. Purata ketumpatan bata yang dikeluarkan oleh kilang D ialah 1804 kg/m<sup>3</sup>. Bata dari Kilang K pula mempunyai purata ketumpatan sebanyak 1706 kg/m<sup>3</sup>. Ketumpatan terendah bata dari kilang ini ialah 1599 kg/m<sup>3</sup> dan tertinggi pula ialah 1771 kg/m<sup>3</sup>.

Secara puratanya ketumpatan bagi specimen kawalan adalah 1793 kg/m<sup>3</sup>. Ketumpatan tertinggi adalah 1843 kg/m<sup>3</sup> dan terendah adalah 1715 kg/m<sup>3</sup>. Ketumpatan tertinggi bata yang diubahsuai dengan Abu Terbang adalah 1845 kg/m<sup>3</sup> dan terendah adalah 1732 kg/m<sup>3</sup>. Purata ketumpatan bata ini ialah 1777 kg/m<sup>3</sup>. Bacaan ketumpatan yang direkodkan terhadap bata ubahsuai POFA adalah puratanya 1821 kg/m<sup>3</sup> dengan ketumpatan tertinggi adalah 1851 kg/m<sup>3</sup> dan tumpatan terendah adalah 1799 kg/m<sup>3</sup>.

**Jadual 4.5** Keputusan ketumpatan Bata dari kilang

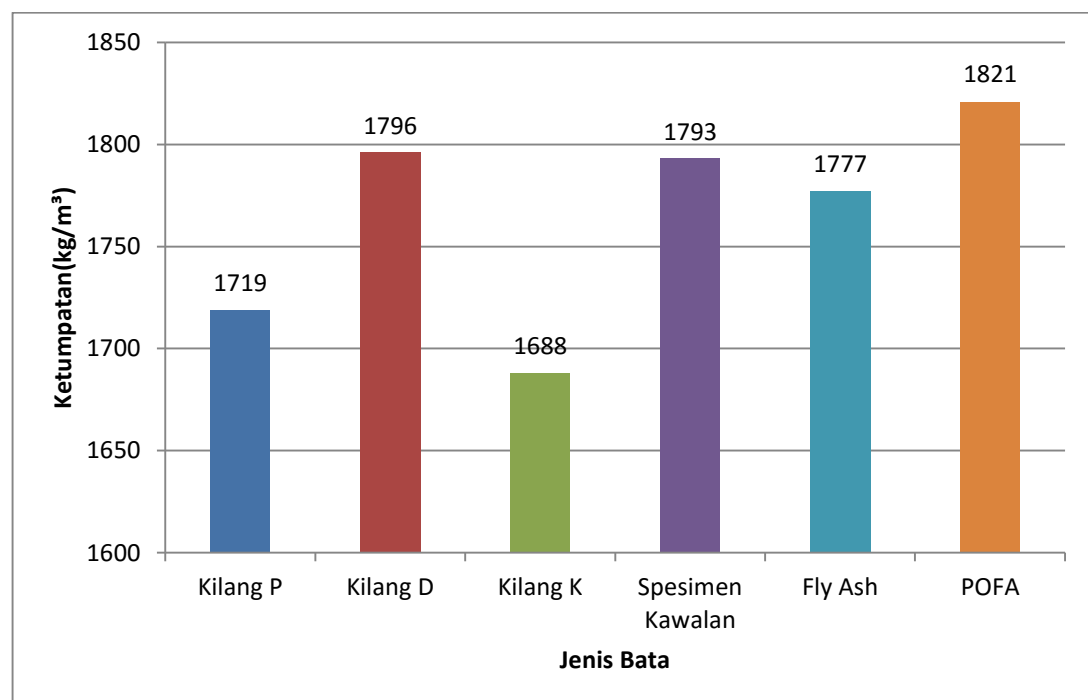
Sampel	Berat(Kg)			Ketumpatan(kg/m <sup>3</sup> )		
	Kilang P	Kilang D	Kilang K	Kilang P	Kilang D	Kilang K
1	4.771	5.194	4.754	1712	1775	1729
2	4.812	5.436	4.641	1727	1857	1696
3	4.692	5.378	4.534	1684	1837	1649
4	4.688	5.294	4.678	1682	1809	1701
5	4.627	5.281	4.396	1660	1804	1599
6	4.852	5.160	4.575	1741	1763	1664
7	4.931	5.172	4.684	1769	1767	1704
8	4.795	5.117	4.559	1720	1748	1658
9	4.822	5.147	4.752	1730	1758	1728
10	4.916	5.400	4.810	1764	1845	1749
Purata	4.791	5.258	4.638	1719	1796	1688

**Jadual 4.6** Keputusan ketumpatan bata diubahsuai

Sampel	Berat(Kg)			Ketumpatan(kg/m <sup>3</sup> )		
	Spesimen Kawalan	Abu Terbang	POFA	Spesimen Kawalan	Abu Terbang	POFA
1	2.717	2.431	2.925	1822	1754	1851
2	2.647	2.773	2.788	1715	1732	1799
3	2.885	2.647	2.809	1843	1845	1812
Purata	2.750	2.617	2.841	1793	1777	1821

#### 4.4.1 Perbincangan Mengenai Analisa Ketumpatan Bata

Mengikut kebanyakan kajian, bata yang diperbuat daripada tanah secara amnya mempunyai ketumpatan antara 1500 kg/m<sup>3</sup> hingga ke 2000 kg/m<sup>3</sup>. Secara amnya semua bata saling mengunci samada dari kilang ataupun yang diubahsuai mencatatkan ketumpatan seperti yang dicadangkan di atas. Perbezaan ketumpatan purata antara semua bata yang dikaji dipamerkan dalam Rajah 4.7.

**Rajah 4.7** Ketumpatan purata bata saling mengunci kajian

Secara amnya tidak terdapat perbezaan yang ketara pada ketumpatan semua bata yang dikaji. Ketumpatan purata paling tinggi direkodkan oleh bata POFA

manakala ketumpatan purata terendah dicatatkan oleh bata dari Kilang K. Ketumpatan sesuatu bata, banyak dipengaruhi oleh kerja pemadatan terhadap bata. Lazimnya semakin tinggi tahap kekuatan pemadatan sesuatu bata, maka semakin tinggi ketumpatannya. Walaupun teknik pemadatan yang digunakan adalah berbeza, di mana bata dari kilang dipadatkan dengan menggunakan teknik tekanan manakala specimen kawalan dan bata diubahsuai menggunakan pemadatan manual perbandingan ketumpatan antara specimen kawalan dan bata dari kilang tidak jauh berbeza.

Nisbah adunan juga menjadi faktor yang mempengaruhi ketumpatan sesuatu bata. Hal ini dapat diperhatikan pada bata Kilang D yang mencatatkan ketumpatan tertinggi dimana kilang ini menggunakan nisbah adunan yang lebih tinggi kandungan tanahnya iaitu 7.3% lebih dari bata kajian lain.

Kebolehkerjaan adunan segar bata juga memainkan peranan dalam menentukan ketumpatan bata. Sesuatu adunan bata yang mempunyai kebolehkerjaan yang baik akan mendorong penghasilan bata yang berketumpatan tinggi. Faktor ini memberi penjelasan tentang kewujudan perbezaan ketumpatan yang berlaku di antara semua bata yang dikaji. Kebolehkerjaan adunan bata saling mengunci segar banyak bergantung kepada nisbah air simen yang mana nisbah ini berbeza-beza antara setiap kilang. Analisa perbezaan ketumpatan menunjukkan bahawa penggunaan POFA dalam bata saling mengunci memberi kesan terhadap kebolehkerjaan yang dibuktikan dengan catatan ketumpatan paling tinggi berbanding bata lain terutamanya dengan specimen kawalan. Rajah di atas juga menunjukkan bahawa penggunaan Abu Terbang tidak memberikan sebarang kesan terhadap peningkatan ketumpatan sesuatu bata saling mengunci. Jika dibandingkan dengan sampel kawalan dan bata POFA, bata Abu Terbang mencatatkan ketumpatan yang paling rendah walaupun bahan-bahan dan nisbah adunannya adalah sama. Ini menunjukkan bahawa penggunaan Abu Terbang dalam adunan bata saling mengunci mengganggu kebolehkerjaan adunannya seterusnya mendorong penurunan ketumpatan.

#### 4.5 Kadar Serapan Awal

Kadar serapan awal sesuatu bata sangat penting dalam menentukan kestabilan ikatan sesuatu bata. Kekuatan ikatan antara sesuatu bata saling mengunci sangat dipengaruhi oleh kekuatan mortar yang digunakan. Rekabentuk fizikal bata saling mengunci yang mempunyai rongga yang agak banyak melibatkan penggunaan mortar yang besar jumlahnya. Jesteru itu kehilangan jumlah air yang mencukupi untuk tindakbalas simen dalam mortar akibat serapan awal oleh bata perlu dikaji untuk menilai kestabilan ikatan bata saling mengunci.

Jadual 4.7 merupakan keputusan Ujian Kadar Serapan Awal bagi semua sampel bata kajian. Lima sampel bata dari kilang dan tiga sampel kawalan dan bata ubahsuai telah diuji di makmal dan keputusan ujian serapan awal bagi semua sampel bata ditunjukkan dalam jadual.

Berdasarkan keputusan dalam jadual 4.7, didapati bahawa kadar serapan awal terendah direkodkan bagi kilang P adalah 2.760 Kg/m<sup>2</sup>/min. Manakala kadar tertinggi ialah 7.600 Kg/m<sup>2</sup>/min dan secara puratanya kadar serapan awal bagi Kilang P adalah 5.416 Kg/m<sup>2</sup>/min.

Kadar serapan awal terendah bagi Kilang D adalah 3.059 Kg/m<sup>2</sup>/min manakala bacaan tertinggi adalah 7.098 Kg/m<sup>2</sup>/min. Purata kadar serapan awal bagi Kilang D ialah 5.773 Kg/m<sup>2</sup>/min. Purata kadar serapan awal bagi kilang K ialah 1.896 Kg/m<sup>2</sup>/min. Bacaan tertinggi adalah 3.865 Kg/m<sup>2</sup>/min, manakala yang terendah ialah 1.195 Kg/m<sup>2</sup>/min. Purata kadar serapan awal specimen kawalan ialah 1.137 Kg/m<sup>2</sup>/min dengan kadar serapan tertinggi ialah 1.816 Kg/m<sup>2</sup>/min dan terendah ialah 0.753 Kg/m<sup>2</sup>/min.

Bata Abu Terbang mempunyai kadar serapan awal tertinggi sebanyak 6.955 Kg/m<sup>2</sup>/min dan kadar serapan terendah sebanyak 6.024 Kg/m<sup>2</sup>/min. Puratanya bata ini mempunyai kadar serapan awal sebanyak 6.630 Kg/m<sup>2</sup>/min. Keputusan kadar serapan tertinggi bagi bata POFA adalah 3.411 Kg/m<sup>2</sup>/min manakala yang terendah

adalah 3.145 Kg/m<sup>2</sup>/min. Purata kadar serapan bata ini adalah sebanyak 3.307 Kg/m<sup>2</sup>/min.

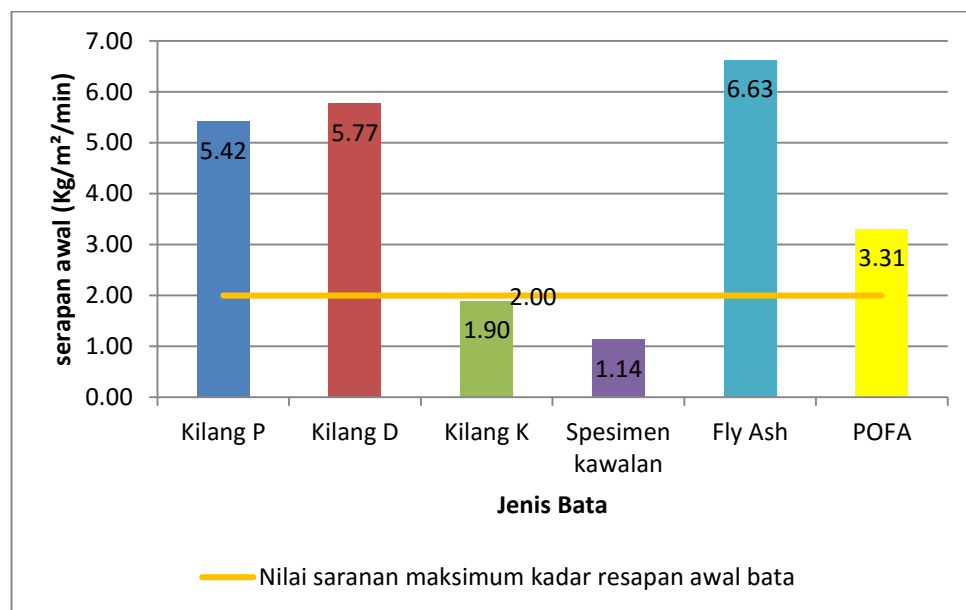
**Jadual 4.7** Keputusan Kadar Serapan Awal Bata Kajian

Jenis Bata	Sampel	mw (kg)	md (kg)	(md- mw)	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Agross (m <sup>2</sup> )	KSA	Purata
Kilang P	1	4.627	4.817	0.190	250	100	0.025	7.600	5.146
	2	4.771	4.840	0.069	250	100	0.025	2.760	
	3	4.812	4.919	0.107	250	100	0.025	4.280	
	4	4.692	4.850	0.158	250	100	0.025	6.320	
	5	4.688	4.841	0.153	250	100	0.025	6.120	
Jenis Bata	Sampel	mw (kg)	md (kg)	(md- mw)	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Agross (m <sup>2</sup> )	KSA	Purata
Kilang D	1	5.147	5.308	0.161	255	100	0.026	6.314	5.773
	2	5.281	5.359	0.078	255	100	0.026	3.059	
	3	5.172	5.310	0.138	255	100	0.026	5.412	
	4	5.160	5.338	0.178	255	100	0.026	6.980	
	5	5.033	5.214	0.181	255	100	0.026	7.098	
Jenis Bata	Sampel	mw (kg)	md (kg)	(md- mw)	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Agross (m <sup>2</sup> )	KSA	Purata
Kilang K	1	4.678	4.718	0.040	251	100	0.025	1.594	1.896
	2	4.754	4.784	0.030	251	100	0.025	1.195	
	3	4.396	4.493	0.097	251	100	0.025	3.865	
	4	4.575	4.614	0.039	251	100	0.025	1.554	
	5	4.559	4.591	0.032	251	100	0.025	1.275	
Jenis Bata	Sampel	mw (kg)	md (kg)	(md- mw)	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Agross (m <sup>2</sup> )	KSA	Purata
Spesimen Kawalan	1	2.717	2.758	0.041	215	105	0.023	1.816	1.137
	2	2.647	2.666	0.019	215	105	0.023	0.842	
	3	2.855	2.872	0.017	215	105	0.023	0.753	
Jenis Bata	Sampel	mw (kg)	md (kg)	(md- mw)	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Agross (m <sup>2</sup> )	KSA	Purata
POFA	1	2.925	3.002	0.077	215	105	0.023	3.411	3.307
	2	2.788	2.864	0.076	215	105	0.023	3.367	
	3	2.809	2.880	0.071	215	105	0.023	3.145	
Jenis Bata	Sampel	mw (kg)	md (kg)	(md- mw)	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Agross (m <sup>2</sup> )	KSA	Purata
Abu Terbang	1	2.431	2.587	0.156	215	105	0.023	6.910	6.630
	2	2.551	2.708	0.157	215	105	0.023	6.955	
	3	2.647	2.783	0.136	215	105	0.023	6.024	



#### 4.5.1 Perbincangan Mengenai Analisa Kadar Serapan Awal

Menurut Illston and Domone (2001), KSA bata yang baik ialah antara 0.25 kg/m<sup>2</sup>/min hingga 2.00 kg/m<sup>2</sup>/min. ASTM C65, 1990 pula menetapkan kadar serapan awal bata yang baik adalah dari 0.50 kg/m<sup>2</sup>/min hingga 1.55 kg/m<sup>2</sup>/min. Nilai-nilai ini boleh dijadikan rujukan untuk menilai prestasi kadar serapan awal sesuatu bata. Perbezaan purata kadar serapan awal bagi semua bata kajian ditunjukkan dalam Rajah 4.8.



**Rajah 4.8** Purata kadar serapan awal bata saling mengunci kajian

Berdasarkan graf di atas didapati setiap bata menunjukkan purata kadar serapan awal yang berbeza-beza. Spesimen kawalan mencatatkan bacaan terendah manakala bata diubahsuai dengan penambahan Abu Terbang mencatatkan purata kadar serapan awal tertinggi.

Graf di atas juga menunjukkan bahawa daripada tiga kilang yang dikaji hanya Kilang K yang mencatatkan purata kadar serapan awal yang tidak melebihi nilai maksimum kadar serapan awal yang disarankan oleh pengkaji sebelum ini. Perbezaan nilai purata serapan awal yang berlaku antara bata dari kilang P, K dan D terjadi kerana setiap kilang menggunakan tanah dari sumber yang berbeza. Keadaan ini menyebabkan wujudnya perbezaan sifat jenis tanah dan seterusnya

mempengaruhi sifat bata itu sendiri termasuklah dari aspek serapan awal. Spesimen kawalan juga didapati memenuhi nilai cadangan kadar serapan awal yang disarankan kerana proses pemilihan bahan, pengadunan dan penghasilan dikawal sebaik yang mungkin. Perbezaan antara kadar serapan awal antara bata POFA dan specimen kawalan menunjukkan POFA tidak membantu untuk penghasilan bata yang mempunyai kadar serapan awal yang baik namun masih mematuhi tahap kadar serapan awal maksima yang ditetapkan oleh Australia Standard. Manakala penggunaan Abu Terbang meningkatkan serapan awal bata pada kadar yang agak tinggi berbanding dengan specimen kawalan. Keadaan ini juga menunjukkan penggunaan Abu Terbang tidak membantu mendapatkan kadar serapan awal yang baik.

#### **4.6 Serapan Lembapan**

Serapan lembapan sesuatu bata banyak bergantung kepada jenis bahan adunan yang digunakan, nisbah bancuhan dan kandungan bahan penstabil dalam sesuatu bata. Keputusan bagi ujian kadar serapan lembapan yang dilakukan terhadap sampel bata kajian dilaporkan dalam Jadual 4.8.

Kadar serapan lembapan paling tinggi bagi kilang P adalah 15.17 manakala yang terendah adalah 10.10%. Purata serapan lembapan bagi kilang P adalah 12.02%. Secara puratanya serapan lembapan bagi bata dari kilang D ialah 11.57% manakala bacaan tertinggi serapan lembapan bagi kilang ini ialah 12.94% dan bacaan terendah adalah 10.08%. Bata dari Kilang K mencatatkan purata serapan lembapan sebanyak 15.88%. Serapan lembapan tertinggi adalah 19.07% manakala yang terendah adalah 13.22%.

Spesimen kawalan merekodkan kadar serapan awal terendah sebanyak 8.58% dan tertinggi sebanyak 10.09%. Purata bacaan bagi sampel kawalan adalah 9.26%. Purata kadar serapan lembapan bagi bata Abu Terbang adalah 13.29%. Penggunaan Abu Terbang menghasilkan kadar serapan lembapan yang hamper seragam bagi

semua sampel dengan kadar tertinggi pada 13.53% dan kadar terendah adalah 13.04%. Kadar serapan lembapan tertinggi bagi bata Abu Terbang adalah 9.33% manakala yang terendah adalah 8.62%. Purata kadar serapan lembapan adalah 8.90%.

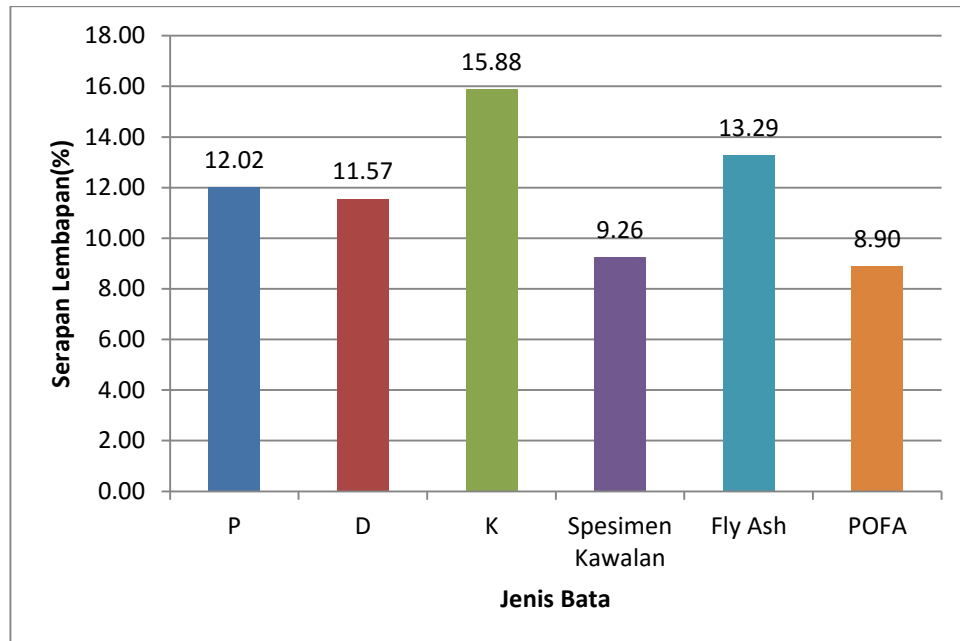
**Jadual 4.8** Keputusan Ujian Kadar Serapan Lembapan

Jenis Bata	Sampel	md(kg)	ms(kg)	(ms-md)	Serapan Lembapan (%)	Purata (%)
Kilang P	1	4.627	5.329	0.702	15.17	12.02
	2	4.771	5.313	0.542	11.36	
	3	4.812	5.298	0.486	10.10	
	4	4.692	5.237	0.545	11.62	
	5	4.688	5.243	0.555	11.84	
Kilang D	1	5.147	5.813	0.666	12.9	11.57
	2	5.281	5.850	0.569	10.8	
	3	5.172	5.775	0.603	11.7	
	4	5.160	5.680	0.520	10.1	
	5	5.033	5.657	0.624	12.4	
Kilang K	1	4.678	5.570	0.892	19.07	15.88
	2	4.754	5.385	0.631	13.27	
	3	4.396	5.192	0.796	18.11	
	4	4.575	5.202	0.627	13.70	
	5	4.559	5.253	0.694	15.22	
Sampel Kawalan	1	2.717	2.991	0.274	10.08	9.26
	2	2.647	2.888	0.241	9.10	
	3	2.855	3.100	0.245	8.58	
POFA	1	2.925	3.177	0.252	8.62	8.90
	2	2.788	3.032	0.244	8.75	
	3	2.809	3.071	0.262	9.33	
Abu Terbang	1	2.431	2.760	0.329	13.53	13.29
	2	2.551	2.890	0.339	13.29	
	3	2.647	2.992	0.345	13.03	

#### 4.6.1 Perbincangan Kadar Serapan Lembapan

Serapan lembapan mempunyai pengaruh yang kuat terhadap kekuatan sesuatu bata, terutamanya bata saling mengunci kerana bahan utamanya adalah tanah. Secara amnya kandungan simen yang tinggi juga boleh meningkatkan kadar serapan lembapan. Selain itu ketumpatan sesuatu bata juga boleh memberikan kesan terhadap

prestasi serapan lembapan sesuatu bata. Perbezaan serapan lembapan bagi semua bata yang dikaji dibincangkan berdasarkan Rajah 4.9.



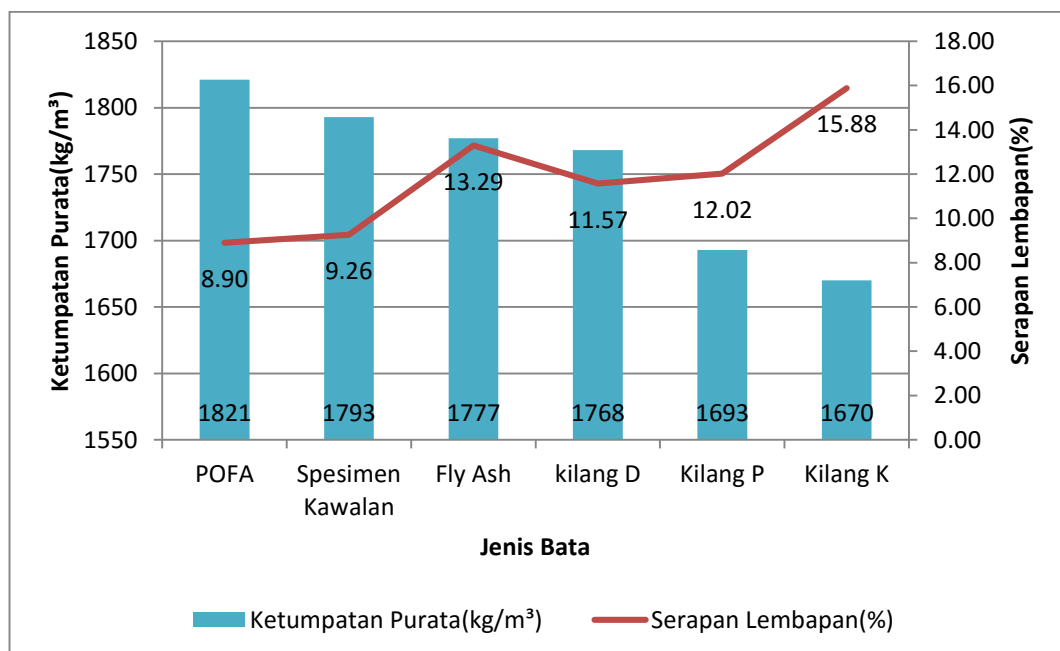
**Rajah 4.9** Purata kadar serapan lembapan bata saling mengunci kajian

IS 3102 (1971) mengelaskan bata kepada tiga kelas, kelas paling tinggi, iaitu kelas 1, mempunyai ciri-ciri fizikal bata paling baik dengan had serapan lembapan maksima yang tidak melebihi 20% daripada berat asalnya. Oleh itu dengan purata kadar serapan lembapan maksima 15.88% yang dicatatkan oleh bata dari kilang K serapan lembapan bagi semua bata kajian adalah dalam kadar yang boleh dipertimbangkan. Specimen kawalan yang diselia dengan baik proses penghasilannya mencatatkan bacaan paling rendah. Purata kadar serapan lembapan bagi ketiga-tiga kilang adalah berbeza, keadaan ini berlaku disebabkan perbezaan sifat tanah yang digunakan untuk menghasilkan bata-bata tersebut. Daripada graf di atas, bata dari kilang P dan D mencatatkan kadar serapan awal yang tidak jauh perbezaannya daripada specimen kawalan.

Penggunaan Abu Terbang dalam bancuhan bata, tidak banyak membantu untuk mengurangkan kadar serapan awal sesuatu bata saling mengunci manakala penggunaan POFA didapati memberikan kesan terhadap pengurangan kadar

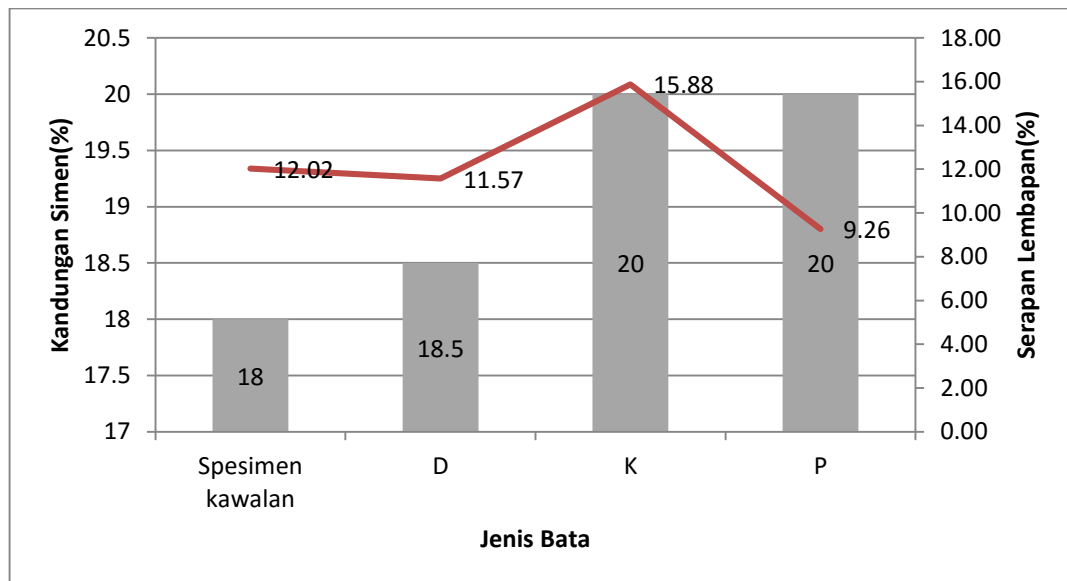
serapan lembapan. Keadaan ini dapat dibuktikan dengan kadar serapan lembapan bata POFA yang lebih rendah daripada specimen kawalan.

Hubungan ketumpatan dan serapan lembapan pula diterangkan berdasarkan Rajah 4.10. Daripada graf didapati bahawa tiada hubungan yang jelas antara ketumpatan bata kajian dengan kadar serapan lembapannya. Namun analisa pada sampel bata POFA, Spesimen Kawalan, Kilang D, Kilang P dan Kilang K menunjukkan bahawa semakin tinggi ketumpatan sesuatu bata, kadar serapan lembapannya menjadi semakin kecil. Keadaan ini berlainan pada sampel bata Abu Terbang, dimana walaupun ketumpatannya tinggi, serapan lembapannya juga masih pada kadar yang tinggi. Situasi yang berlaku terhadap sampel bata Abu Terbang dapat diterangkan dengan penggunaan Abu Terbang dalam kuantiti yang banyak sebagai pengganti simen dalam bancuhan iaitu sebanyak 50%. Tindak balas Abu Terbang, simen dan tanah dalam bancuhan didapati tidak begitu efektif dan telah menyebabkan penurunan keboleherjaan adunan seterusnya mendorong kewujudan lompong udara mikro dalam bata tersebut, seterusnya meningkatkan kadar serapan lembapan.



**Rajah 4.10** Hubungan ketumpatan purata dan serapan lembapan

Kesan kepelbagaian kandungan simen terhadap serapan lembapan pula dapat dianalisa berdasarkan Rajah 4.11. Daripada rajah tersebut didapati bahawa kandungan simen yang berbeza pada setiap sampel mencatatkan kadar serapan lembapan yang berbeza-beza antara satu sama lain. Bata dari kilang P dan K, misalnya mempunyai kandungan simen yang sama namun kadar serapan lembapannya berbeza. Ini menunjukkan bahawa kandungan simen dalam bata saling mengunci tidak mempunyai pengaruh yang besar terhadap kadar serapan lembapan.



**Rajah 4.11** Hubungan ketumpatan dan serapan lembapan

#### 4.7 Kekuatan Mampatan

Kekuatan mampatan sesuatu bata dipengaruhi banyak dipengaruhi oleh kandungan simen dalam bancuhan, jenis bahan mentah sesuatu bata dan teknik pemadatan yang digunakan dan ketumpatan sesuatu bata. Kekuatan mampatan adalah merupakan satu aspek yang penting dalam menilai kemampuan tanggung beban sesuatu bata.

Jadual 4.9 adalah keputusan ujian mampatan (dalam keadaan lembap) yang telah dijalankan terhadap bata-bata kajian.

**Jadual 4.9** Keputusan Kekuatan Mampatan Bata Kajian

Sampel	Ketumpatan(kg/m <sup>3</sup> )				Kekuatan(N/mm <sup>2</sup> )			
	1	2	3	Purata	1	2	3	Purata
Kilang P	1712	1727	1684	1707	3.34	3.02	3.02	3.13
Kilang D	1857	1837	1809	1834	5.48	6.05	5.46	5.66
Kilang K	1649	1664	1704	1672	2.98	4.69	3.55	3.74
Spesimen Kawalan	1843	1822	1715	1793	6.24	5.88	5.75	5.96
Abu Terbang	1754	1732	1845	1777	1.96	1.88	2.15	2.00
POFA	1851	1799	1812	1821	7.40	5.85	6.04	6.43

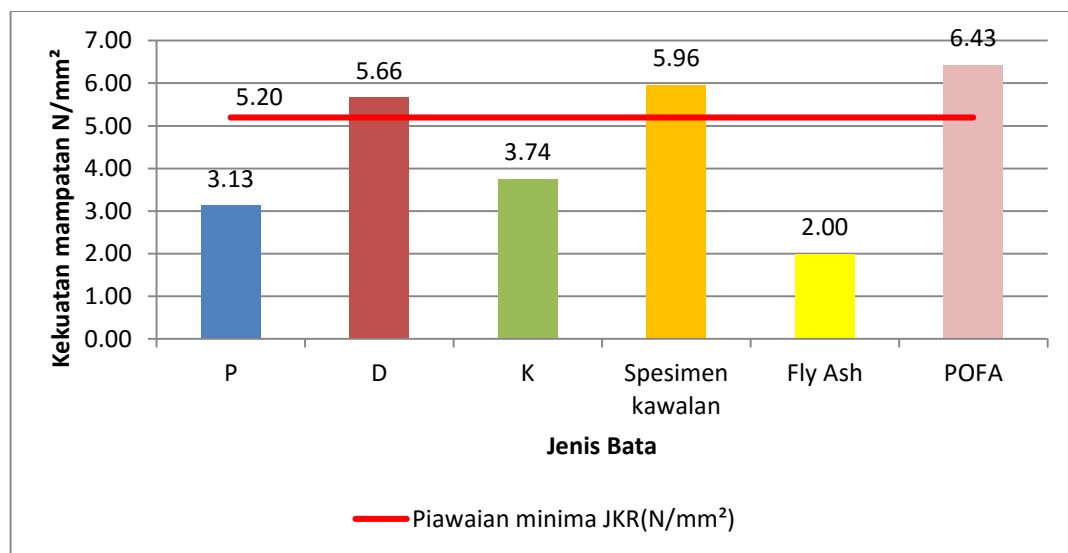
Daripada jadual tersebut didapati bahawa purata kekuatan mampatan bagi bata kilang P adalah 3.13 N/mm<sup>2</sup> dengan bacaan kekuatan tertinggi ialah 3.34 N/mm<sup>2</sup> dan yang terendah adalah 3.02 N/mm<sup>2</sup>. Purata kekuatan mampatan bagi bata Kilang D ialah 5.663 N/mm<sup>2</sup>. Keputusan kekuatan mampatan tertinggi bagi kilang D adalah 6.05 N/mm<sup>2</sup> dan terendah adalah 5.46 N/mm<sup>2</sup>. Daripada jadual di atas juga didapati bahawa bata kilang K mencatatkan kekuatan tertinggi sebanyak 4.69 N/mm<sup>2</sup> dan kekuatan terendah adalah 2.98 N/mm<sup>2</sup>. Purata ketumpatan bagi Kilang ini ialah 3.74 N/mm<sup>2</sup>.

Bata kawalan mencatatkan purata kekuatan mampatan 5.96 N/mm<sup>2</sup> dengan keputusan kekuatan mampatan tertinggi 6.24 N/mm<sup>2</sup> manakala yang terendah adalah 5.75 N/mm<sup>2</sup>. Penggunaan Abu Terbang menghasilkan keputusan kekuatan mampatan purata sebanyak 2.00 N/mm<sup>2</sup>. Keputusan terendah bata ini adalah 1.88 N/mm<sup>2</sup> dan kekuatan mampatan tertinggi adalah 2.15 N/mm<sup>2</sup>. Penggunaan POFA menghasilkan kekuatan mampatan purata bata adalah 6.43 N/mm<sup>2</sup>. Kekuatan mampatan tertinggi bata jenis ini adalah 7.40 dan terendah adalah 5.85 N/mm<sup>2</sup>.

#### 4.7.1 Perbincangan Mengenai Kekuatan Mampatan

Kekuatan mampatan terendam bata yang dihasilkan dengan menggunakan tanah biasanya berada dalam lingkungan 4 N/mm<sup>2</sup> ke bawah, menurut *Compressed Earth Blocks Standards*, 1998, kekuatan ini sudah mencukupi untuk digunakan

sebagai struktur yang rendah bebannya seperti kediaman setingkat. Ada sesetengah bata mampu mencapai sehingga 6 ke 8 N/mm<sup>2</sup> sekaligus mencapai tahap kekuatan mampatan yang sesuai untuk digunakan di kebanyakan struktur. Perbezaan kekuatan ini wujud disebabkan daripada penggunaan tanah yang berbeza semasa proses penghasilannya. Tidak terdapat piawaian yang khusus bagi kekuatan mampatan bata saling mengunci. Piawaian minima dalam Undang-Undang Bangunan oleh JKR 2005 telah menetapkan nilai 5.20 N/mm<sup>2</sup> sebagai rujukan. Perbincangan mengenai perbezaan kekuatan mampatan antara setiap bata diterangkan berdasarkan Rajah 4.12.

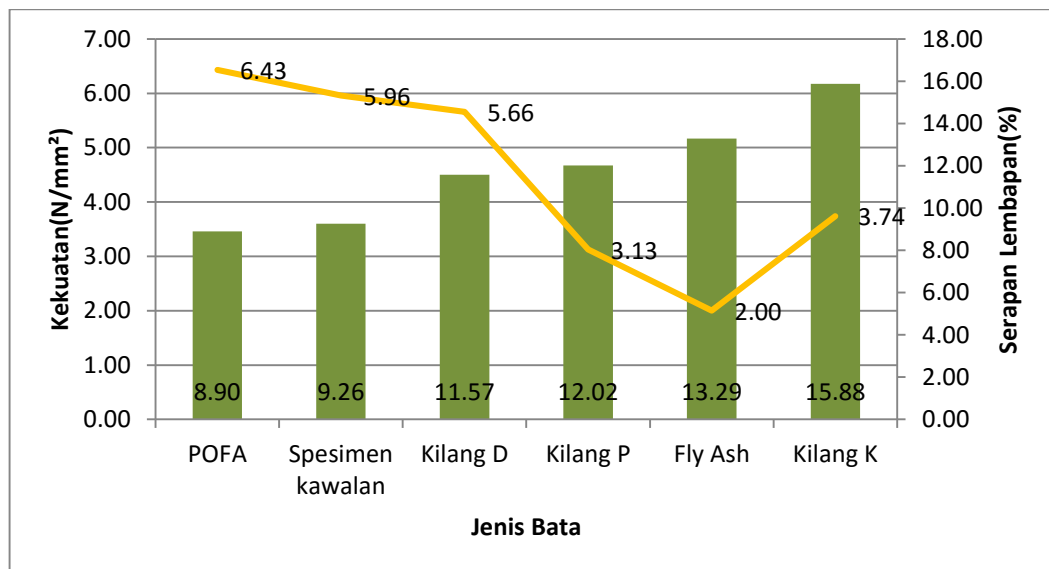


**Rajah 4.12** Purata kekuatan mampatan terendam bata saling mengunci kajian

Daripada rajah di atas kekuatan paling tinggi dicatatkan oleh bata POFA manakala yang terendah dicatatkan oleh bata Abu Terbang. Bata specimen yang dikawal proses penyediannya mencatatkan keputusan melebihi nilai piawaian JKR. Hanya satu sampel bata dari kilang, iaitu kilang D melepasi piawaian. Kilang P dan K tidak memenuhi piawaian, tetapi telah sesuai untuk struktur yang rendah bebannya. Graf diatas menunjukkan bahawa penggunaan Abu Terbang menyebabkan penurunan kekuatan mampatan sesuatu bata saling mengunci manakala penggunaan POFA pula memberi kesan terhadap peningkatan kekuatan mampatan.



Daripada analisa data juga didapati bahawa kadar serapan lembapan memberi kesan terhadap kekuatan sesuatu bata saling mengunci. Rajah 4.13 menunjukkan hubungan tersebut.

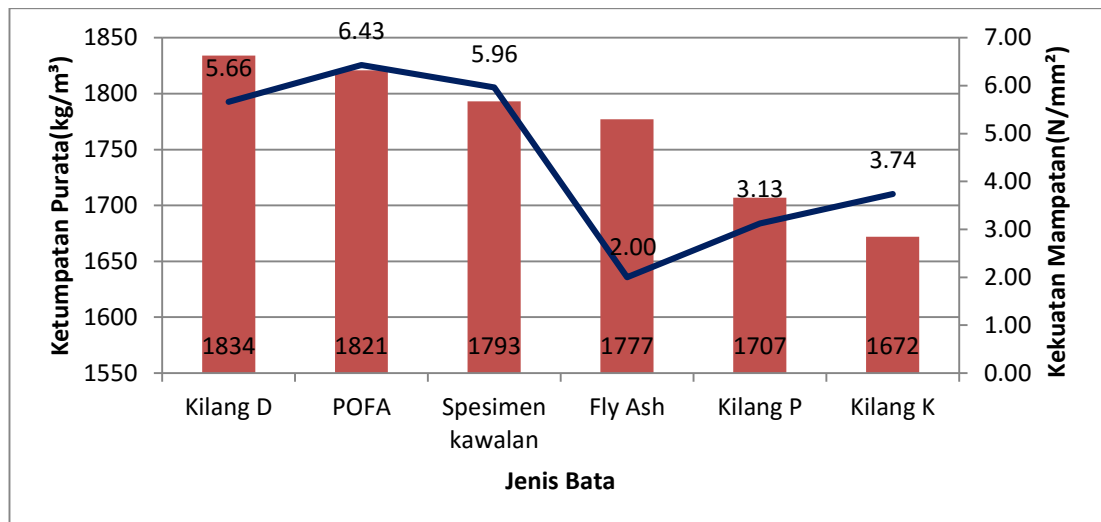


**Rajah 4.13** Hubungan Kadar Serapan Lembapan Dan Kekuatan Mampatan

Daripada rajah didapati bahawa secara amnya kebanyakan sampel bata mengalami penurunan kekuatan mampatan selari dengan peningkatan serapan lembapan. Keadaan ini dapat dijelaskan dengan penggunaan tanah sebagai bahan mentah dalam penghasilan bata ini. Kestabilan dan kekuatan sesuatu tanah sangat dipengaruhi oleh kehadiran lembapan. Kandungan lembapan yang tinggi akan menjejaskan kekuatan mampatan sesuatu bata yang diperbuat daripada tanah. Berdasarkan graf juga, didapati berlaku kelainan corak penurunan kekuatan mampatan bata berkadar dengan peningkatan serapan lembapan pada kilang K. Keadaan ini berlaku disebabkan jenis dan sifat tanah yang berbeza pada sampel yang diambil dari ketiga-tiga kilang.

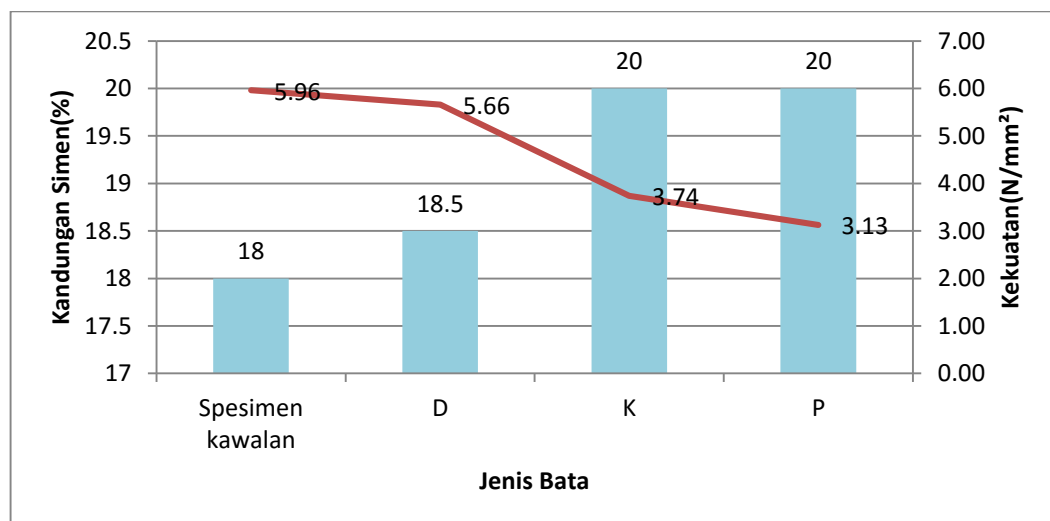
Analisa terhadap Rajah 4.14 mendapati bahawa ketumpatan sesuatu bata saling mengunci tidak banyak mempengaruhi kekuatannya. Dapat diperhatikan daripada graf bahawa sesetengah bata jika dibandingkan, bata POFA contohnya yang mempunyai ketumpatan yang lebih rendah dari bata Kilang D mencatatkan bacaan kekuatan yang lebih tinggi berbanding bata Kilang D. Begitu juga situasi yang

berlaku terhadap bata kilang P dan Kilang K, dimana ketumpatannya lebih rendah dari Kilang P tetapi mempunyai kekuatan yang lebih tinggi berbanding kilang P.



**Rajah 4.14** Hubungan Kadar Serapan Lembapan Dan Kekuatan Mampatan Purata

Kesan kandungan simen yang berbeza-beza antara sampel bata kajian dapat dianalisa melalui graf di bawah. Analisa terhadap Rajah 4.15 mendapati bahawa kandungan simen dalam sesuatu bata saling mengunci bukan faktor yang dominan dalam menentukan tahap kekuatan mampatannya. Keadaan ini dapat diperhatikan pada sampel bata dari kilang P dan K, walaupun kandungan simen pada kedua-dua sampel adalah sama, namun kekuatan setiap bata tersebut adalah berbeza.



**Rajah 4.15** Hubungan kadar serapan lembapan dan kekuatan mampatan purata

## **Bab 5**

### **KESIMPULAN DAN CADANGAN**

#### **5.1 Pendahuluan**

Bab ini menerangkan kesimpulan yang dapat dirumuskan hasil daripada analisa dan perbincangan dibuat terhadap sampel-sampel kajian dalam bab sebelumnya.

#### **5.2 Kesimpulan**

Berdasarkan keputusan yang diperolehi hasil daripada ujikaji-ujikaji yang telah dijalankan terhadap sampel dari kilang, kawalan dan ubahsuai, beberapa kesimpulan dapat dirumuskan iaitu:

- i. Kebanyakan bata saling mengunci dari kilang merekodkan dimensi saiz yang seragam dengan sedikit toleransi yang dibenarkan.
- ii. Ketumpatan bata saling mengunci dari kilang adalah berbeza-beza bergantung kepada nisbah adunan yang digunakan namun kesemua sampel mempunyai ketumpatan yang normal bagi bata tanah yang distabilkan simen. Penggunaan POFA mempunyai kesan terhadap peningkatan ketumpatan sesuatu bata sekaligus menandakan terdapat peningkatan tahap keboleherjaan adunan manakala Abu Terbang mencatatkan keputusan yang sebaliknya.

- iii. Hanya sebuah kilang mencatatkan kadar serapan awal yang memuaskan. Kadar serapan awal bata saling mengunci banyak dipengaruhi oleh jenis tanah yang digunakan. Penggunaan POFA dan Abu Terbang tidak memberikan kesan terhadap penambahbaikan kadar serapan awal sesuatu bata.
- iv. Kadar serapan lembapan bagi kesemua bata kajian berada pada tahap yang memuaskan sesuai dengan penggunaannya. Faktor jenis tanah merupakan faktor yang lebih dominan mempengaruhi kadar serapan lembapan sesuatu bata saling mengunci. Penggunaan POFA memberikan sedikit kesan penurunan kadar serapan lembapan manakala penggunaan Abu Terbang mendorong peningkatan serapan lembapan sesuatu bata saling mengunci.
- v. Secara amnya semua bata kajian mencatatkan kekuatan mampatan terendam yang normal bagi bata tanah yang distabilkan simen. Serapan lembapan merupakan faktor yang dominan mempengaruhi kekuatan mampatan terendam sesuatu bata saling mengunci. Penggunaan POFA memberi kesan terhadap peningkatan kekuatan mampatan terendam manakala penggunaan Abu Terbang memberikan kesan sebaliknya.
- vi. Penggunaan POFA secara keseluruhannya memberi kesan yang positif terhadap peningkatan prestasi fizikal dan mekanikal bata saling mengunci. Jenis dan sifat tanah sangat mempengaruhi ciri-ciri fizikal dan mekanik sesuatu bata saling mengunci.

### **5.3 Cadangan**

Berikut adalah cadangan yang disarankan hasil daripada dapatan kajian ini dan untuk penambaaikan bagi projek akan datang:

- i. Kajian perlu dilakukan terhadap tanah yang digunakan dalam bata saling mengunci untuk memastikan adunannya efisien.

- ii. Kepelbagaian peratusan penggunaan POFA dan Abu Terbang boleh dikaji untuk mengenalpasti lebih banyak potensi penggunaan bahan tersebut dalam bata saling mengunci.
- iii. Bahan pozzolana lain seperti Abu Hampas Padi (Rice Husk Ash) boleh dipertimbangkan untuk dikaji potensinya dalam adunan bata saling mengunci.
- iv. Kajian lebih mendalam juga boleh dibuat terhadap nisbah air simen yang sesuai untuk adunan bata saling mengunci.

## RUJUKAN

- Abdul Awal, A.S.M. and Shehu, A.B. (2011). *Properties of concrete containing high volume palm oil Fuel ash: A short-term investigation*. Malaysian Journal of Civil Engineering Vol. 23(2), pp. 54-66.
- American Society for Testing Materials (1990). ASTM C652. *Standard Specification for Hollow Brick, (Hollow Masonry Units Made from Clay or Shale)*. United States of America.
- Anifowose, A.Y.B. (2000). *Stabilisation of Lateritic Soils as a Raw Material for Building Blocks*. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, vol. 58, pp. 151-157.
- Attoh, N.A.O. (1995). *Lime treatment of laterite soils and gravels—Revisited*. Construction and Building Materials, 9(5): pp. 283-287.
- Australian Standards Institution (1984). AS1225. *Clay Buildings Bricks*. Australia.
- Bell, F.G. (1996). *Lime stabilization of clay minerals and soils*. Engineering Geology, 42(4): pp. 223-237.
- British Standards Institution (1985). B.S 3921. *British Standard Specification for Clay Brick*. London.
- Center for Development of Enterprise (CDE) and CRATerre-EAG publication (1998). *Compressed Earth Blocks - Standards*. 'Technologies Series' No.11. France.
- Deboucha, S. and Roslan, H. (2011). *A Review on Bricks and Stabilized Compressed Earth Blocks*. Scientific Research and Essays, vol. 6 (3), pp. 499-506.

- Fetra, V.R., Ismail, A.R. and Ahmad Mujahid, A.Z. (2010). *A Brief Review of Compressed Stabilized Earth Brick (CSEB)*. Proceedings of International Conference on Science and Social Research (CSSR 2010), Kuala Lumpur Malaysia.
- Freidin, K. and Erell, E. (1995). Bricks Made of Coal Fly-Ash and Slag Cured in the Open Air. *Cement and Concrete Composites*, pp. 289-300.
- Gooding, D.E.M. (1994). Improved processes for the production of Soil-Cement Building Blocks. PhD Thesis {Loc: M.R.C. ([res] DIS 1994 345)}.
- Guettala, A, Houari, H, Mezghiche, B and Chebili, R (2002). *Durability of lime stabilized earth blocks*. *Courrier du Savoir*, vol. 2, pp. 61-66.
- Guettala, A, Abibsi, A and Houari, H (2006). *Durability study of stabilized earth concrete under both laboratory and climatic conditions exposure*. *Construction and Building Materials*, 20(3): pp. 119-127.
- Heathcote, K.A. (1995). *Durability of earthwall buildings*. *Construction and Building Materials*, 9(3): pp. 185-189.
- Hopkins, D.S., Thomas, M.D.A., Girn, G. and Munro, R (2001). *York University uses High-Volume Abu Terbang Concrete for Green Building*. Annual Conference of the Canadian Society for Civil Engineering, CSCE.
- Houben, H., Guillaud, H. (1994). *Earth Construction: A Comprehensive Guide*. Intermediate Technology Publications London, England.
- Illston, J. M., and Domone, P. L. J (2001). *Construction materials: their nature and behavior*. Spon press 11, New Fetter Lane, London.
- Indian Standard Institution (1992). IS3495-1992. *Methods of Test for Burnt Clay Building Bricks*. India.
- Indian Standard Institution (1971). IS3102-1971. *Classification of Clay Solid Brick*. India.
- Jayasinghe C., Kamaladasa, N. (2007). Compressive strength characteristics of cement stabilized rammed earth walls. *Construction Building Material*.

- Jayasinghe, C. and Mallawaarachchi (2009). *Flexural strength of compressed stabilized earth masonry materials*. *Materials & Design* 30(9): pp. 3859-3868.
- Joo-Hwa Tay (1990). *Ash from oil-palm waste as concrete material*. Part of the *Journal of Materials in Civil Engineering*, Vol. 2, No. 2, Paper No. 24682.
- Mat Lazim Zakaria (2005). *Bahan Dan Binaan*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Marceau, M.L., Gajda, J., and Van Geem, M.G (2002). *Use of Abu Terbang in Concrete: Normal and High Volume Ranges*. PCA R&D Serial No.2604, Portland Cement Association, Skokie, Illinois.
- Mesbah, A, Morel, J.C, Walker, P.J and Ghavami, K (2004). *Development of a Direct Tensile Test for Compacted Earth Blocks Reinforced with Natural Fibres*. *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol.16 (1), pp. 95- 98.
- Thomas, M. (2007). *Optimizing the Use of Abu Terbang in Concrete*. University of New Brunswick.
- Morton, T. (2008). *Earth Masonry Design and Construction Guidelines*. Berkshire: Construction Research Communications Limited.
- Oti, J.E., Kinuthia, J.M. and Bai, J. (2009). *Stabilised Earth Masonry Technology incorporating Industrial By-Products*. Proceedings of the 11th International Conference on non-Cementitious Material and Technology, Bath UK.
- Reddy, B.V. and Kumar, P.P. (2009). *Embodied energy in cement stabilised rammed earth walls*. *Energy and Buildings*, 42(3):pp. 380-385.
- Rezaul Karim, Zain, M.F.M, Jamil M. and Nazrul Islam (2011). *Strength of Concrete as Influenced by Palm Oil Fuel Ash*. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, Vol. 5(5), pp. 990-997, ISSN 1991-8178.
- Tan, B.T. (2002). *Teknologi Binaan Bangunan*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Taylor, G.D. (2002). *Material in Construction*. Pearson, United Kingdom.
- Varghese, P.C. (2006). *Building Materials*. Prentice Hall of India, New Delhi.



Walker, P.J. (1995). *Strength, Durability and Shrinkage Characteristics of Cement Stabilized soil blocks*. Cement and Concrete Composites.vol. 17 (4), pp. 301-310.

Walker, P.J. and Stace, T. (1997). Properties of some cement stabilized compressed earth blocks and mortars. *Materials and Structures/Material Constructions*, 1996. 30: pp. 545-551.



## LAMPIRAN B

## MAKMAL

### Q PILE & MACHINERIES SDN BHD

(Formerly known as BABENA PILE SDN BHD)

PT 1097K, KAWASAN PERINDUSTRIAN CHENDERING 21080 KUALA TERENGGANU, TERENGGANU.  
TEL.: 09-6175550 FAX.: 09-6175540

**BRICKS COMPRESSION TEST REPORT**  
(IN ACCORDANCE WITH M.S 76 : 1972)

LAB REF : 26/11/2015  
NO.OFCUBES: 3NOS

PROJECT : TESIS UTM

AUTHORITY/CLIENT : MUHAMAD WARIDI

1) POSITION IN STRUCTURE: CLAY BRICKS

2) CONCRETE GRADE: \_\_\_\_\_

3) MIX: \_\_\_\_\_

4) WATER CEMENT RATIO: \_\_\_\_\_

5) SLUMP/C.FACTOR: \_\_\_\_\_

6) ADDITIVES USED/QTY: \_\_\_\_\_

7) SPECIFIED U.C.S: \_\_\_\_\_

N/mm<sup>2</sup>

8) TEST RESULTS:

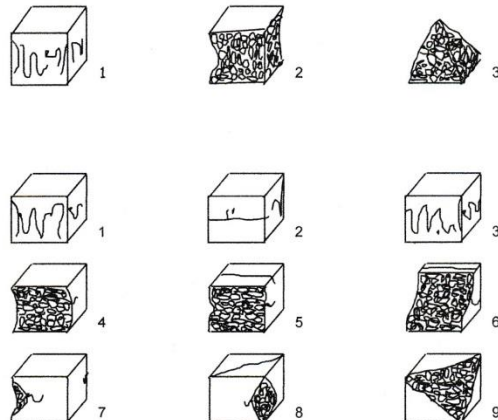
(SOURCE : \_\_\_\_\_)

ITEM	DESCRIPTION	SPECIMEN 1	SPECIMEN 2	SPECIMEN 3	SPECIMEN 4	SPECIMEN 5
(a)	IDENTIFICATION NO.	K3	K6	K7		
(b)	DATE WHEN RECEIVED	26/11/15	26/11/15	26/11/15		
(c)	CONDITION WHEN RECEIVED	OK	OK	OK		
(d)	DATE OF CASTING	29/10/15	29/10/15	29/10/15		
(e)	DATE AT TEST	26/11/15	26/11/15	26/11/15		
(f)	AGE AT TEST (Days)	28	28	28		
(g)	DIMENSION (mm)	250x98x127	250x98x126	250x97x125		
(h)	MASS (kg)	5.921	6.107	5.910		
(i)	DENSITY (kg/m <sup>3</sup> )	1902.9	1978.3	1949.7		
(j)	MAX. FAILURE LOAD (KN)	73.1	114.9	86.0		
(k)	COMPRESSIVE STRENGTH (N/mm <sup>2</sup> )	2.98	4.69	3.55		
(l)	TYPE OF FRACTURE					
(m)	REMARKS (N/mm <sup>2</sup> )	AVERAGE: 3.74 (3NOS)				

CHECKED BY : Raja Ahmad Kahar B. R. Z. Bahrin  
Eks. Makmal  
Q PILE & MACHINERIES SDN BHD  
(Formerly known as BABENA PILE SDN BHD)

WITNESSED BY : \_\_\_\_\_

WITNESSED BY : \_\_\_\_\_



## LAMPIRAN C

## MAKMAL

## Q PILE &amp; MACHINERIES SDN BHD

(Formerly known as BABENA PILE SDN BHD)

PT 1097K, KAWASAN PERINDUSTRIAN CHENDERING 21080 KUALA TERENGGANU, TERENGGANU.  
TEL.: 09-6175550 FAX.: 09-6175540

## BRICKS COMPRESSION TEST REPORT

(IN ACCORDANCE WITH M.S 76 : 1972)

LAB REF : 26/11/2015

NO. OF CUBES: 3NOS

PROJECT : TESIS UTM

AUTHORITY/CLIENT : MUHAMAD WARIDI

1) POSITION IN STRUCTURE: CLAY BRICKS

2) CONCRETE GRADE: \_\_\_\_\_

3) MIX: \_\_\_\_\_

4) WATER CEMENT RATIO: \_\_\_\_\_

5) SLUMP/C. FACTOR: \_\_\_\_\_

6) ADDITIVES USED/QTY: \_\_\_\_\_

7) SPECIFIED U.C.S: \_\_\_\_\_

N/mm<sup>2</sup>

8) TEST RESULTS:

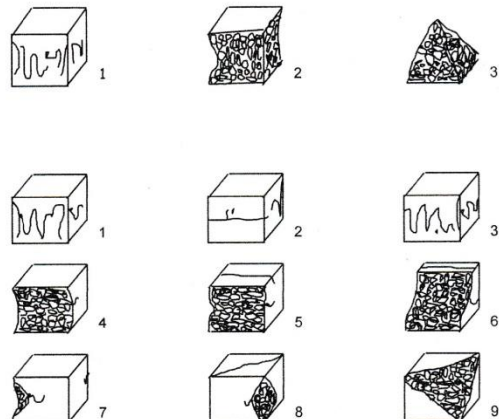
(SOURCE : \_\_\_\_\_)

ITEM	DESCRIPTION	SPECIMEN 1	SPECIMEN 2	SPECIMEN 3	SPECIMEN 4	SPECIMEN 5
(a)	IDENTIFICATION NO.	D2	D3	D4		
(b)	DATE WHEN RECEIVED	26/11/15	26/11/15	26/11/15		
(c)	CONDITION WHEN RECEIVED	OK	OK	OK		
(d)	DATE OF CASTING	29/10/15	29/10/15	29/10/15		
(e)	DATE AT TEST	26/11/15	26/11/15	26/11/15		
(f)	AGE AT TEST (Days)	28	28	28		
(g)	DIMENSION (mm)	250x95x128	250x99x128	250x99x128		
(h)	MASS (kg)	6.478	6.365	6.310		
(i)	DENSITY (kg/m <sup>3</sup> )	2130.9	2009.2	1991.8		
(j)	MAX. FAILURE LOAD (KN)	130.1	149.7	135.1		
(k)	COMPRESSIVE STRENGTH (N/mm <sup>2</sup> )	5.48	6.05	5.46		
(l)	TYPE OF FRACTURE					
(m)	REMARKS (N/mm <sup>2</sup> )	AVERAGE:	5.66	(3NOS)		

CHECKED BY : Raja Ahmad Kahar B. R. S. Bahrin  
Eks. MakmalQ PILE & MACHINERIES SDN BHD  
(Formerly known as BABENA PILE SDN BHD)

WITNESSED BY : \_\_\_\_\_

WITNESSED BY : \_\_\_\_\_



## LAMPIRAN D

## MAKMAL

### Q PILE & MACHINERIES SDN BHD

(Formerly known as BABENA PILE SDN BHD)

PT 1097K, KAWASAN PERINDUSTRIAN CHENDERING 21080 KUALA TERENGGANU, TERENGGANU.  
TEL.: 09-6175550 FAX.: 09-6175540

#### BRICKS COMPRESSION TEST REPORT

(IN ACCORDANCE WITH M.S 76 : 1972)

LAB REF : 01/12/2015  
NO.OFCUBES: 3NOS

PROJECT : TESIS UTM

AUTHORITY/CLIENT : MUHAMAD WARIDI

1) POSITION IN STRUCTURE: CLAY BRICKS

2) CONCRETE GRADE: \_\_\_\_\_

3) MIX: \_\_\_\_\_

4) WATER CEMENT RATIO: \_\_\_\_\_

5) SLUMP/C.FACTOR: \_\_\_\_\_

6) ADDITIVES USED/QTY: \_\_\_\_\_

7) SPECIFIED U.C.S: \_\_\_\_\_

N/mm<sup>2</sup>

8) TEST RESULTS:

(SOURCE : \_\_\_\_\_)

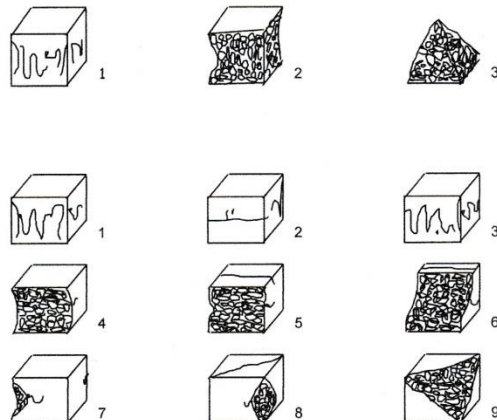
ITEM	DESCRIPTION	SPECIMEN 1	SPECIMEN 2	SPECIMEN 3	SPECIMEN 4	SPECIMEN 5
(a)	IDENTIFICATION NO.	1F	2F	3F		
(b)	DATE WHEN RECEIVED	01/12/15	01/12/15	01/12/15		
(c)	CONDITION WHEN RECEIVED	OK	OK	OK		
(d)	DATE OF CASTING	03/11/15	03/11/15	03/11/15		
(e)	DATE AT TEST	01/12/15	01/12/15	01/12/15		
(f)	AGE AT TEST (Days)	28	28	28		
(g)	DIMENSION (mm)	212x100x69	215x100x69	215x100x70		
(h)	MASS (kg)	2.725	2.852	2.977		
(i)	DENSITY (kg/m <sup>3</sup> )	1862.9	1922.5	1978.1		
(j)	MAX. FAILURE LOAD (KN)	41.5	40.4	46.3		
(k)	COMPRESSIVE STRENGTH (N/mm <sup>2</sup> )	1.96	1.88	2.15		
(l)	TYPE OF FRACTURE					
(m)	REMARKS (N/mm <sup>2</sup> )	AVERAGE: 2.00 (3NOS)				

CHECKED BY : Raja Ahmad Kahar B. K. S. Bahrin  
Eks. Makmal

Q PILE & MACHINERIES SDN BHD  
(Formerly known as BABENA PILE SDN BHD)

WITNESSED BY : \_\_\_\_\_

WITNESSED BY : \_\_\_\_\_





LAMPIRAN E

**MAKMAL**  
**Q PILE & MACHINERIES SDN BHD**  
 (Formerly known as BABENA PILE SDN BHD)

PT 1097K, KAWASAN PERINDUSTRIAN CHENDERING 21080 KUALA TERENGGANU, TERENGGANU.  
 TEL.: 09-6175550 FAX.: 09-6175540

**BRICKS COMPRESSION TEST REPORT**  
 (IN ACCORDANCE WITH M.S 76 : 1972)

LAB REF : 01/12/2015  
 NO.OFCUBES: 3NOS

PROJECT : TESIS UTM  
 AUTHORITY/CLIENT : MUHAMAD WARIDI

1) POSITION IN STRUCTURE: CLAY BRICKS 2) CONCRETE GRADE: \_\_\_\_\_  
 3) MIX: \_\_\_\_\_ 4) WATER CEMENT RATIO: \_\_\_\_\_ 5) SLUMP/C.FACTOR: \_\_\_\_\_  
 6) ADDITIVES USED/QTY: \_\_\_\_\_ 7) SPECIFIED U.C.S: \_\_\_\_\_ N/mm2

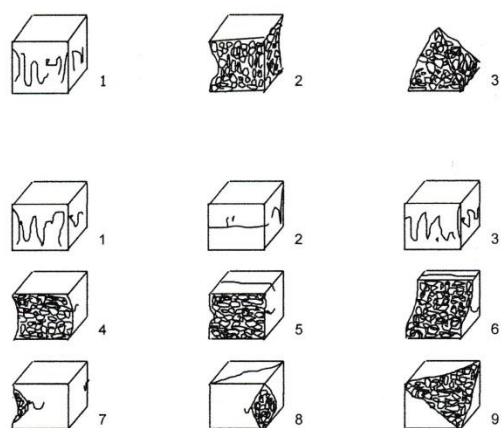
8) TEST RESULTS:  
 (SOURCE : \_\_\_\_\_)

ITEM	DESCRIPTION	SPECIMEN 1	SPECIMEN 2	SPECIMEN 3	SPECIMEN 4	SPECIMEN 5
(a)	IDENTIFICATION NO.	1S	2S	3S		
(b)	DATE WHEN RECEIVED	01/12/15	01/12/15	01/12/15		
(c)	CONDITION WHEN RECEIVED	OK	OK	OK		
(d)	DATE OF CASTING	03/11/15	03/11/15	03/11/15		
(e)	DATE AT TEST	01/12/15	01/12/15	01/12/15		
(f)	AGE AT TEST (Days)	28	28	28		
(g)	DIMENSION (mm)	213x100x70	213x105x70	213x105x69		
(h)	MASS (kg)	2.958	3.070	2.975		
(i)	DENSITY (kg/m <sup>3</sup> )	1983.9	1961.0	1927.8		
(j)	MAX. FAILURE LOAD (KN)	132.9	131.6	128.7		
(k)	COMPRESSIVE STRENGTH (N/mm <sup>2</sup> )	6.24	5.88	5.75		
(l)	TYPE OF FRACTURE					
(m)	REMARKS (N/mm <sup>2</sup> )	AVERAGE: 5.96 (3NOS)				

CHECKED BY : Raja Ahmad Kahar B. K. W. Bahrin  
 Pks. Makmal  
**Q PILE & MACHINERIES SDN BHD**  
 (Formerly known as BABENA PILE SDN BHD)

WITNESSED BY : \_\_\_\_\_

WITNESSED BY : \_\_\_\_\_



## LAMPIRAN F

## MAKMAL

### Q PILE & MACHINERIES SDN BHD

(Formerly known as BABENA PILE SDN BHD)

PT 1097K, KAWASAN PERINDUSTRIAN CHENDERING 21080 KUALA TERENGGANU, TERENGGANU.  
TEL.: 09-6175550 FAX.: 09-6175540

**BRICKS COMPRESSION TEST REPORT**  
(IN ACCORDANCE WITH M.S 76 : 1972)

LAB REF : 01/12/2015  
NO.OFCUBES: 3NOS

PROJECT : TESIS UTM

AUTHORITY/CLIENT : MUHAMAD WARIDI

1) POSITION IN STRUCTURE: CLAY BRICKS

2) CONCRETE GRADE: \_\_\_\_\_

3) MIX: \_\_\_\_\_

4) WATER CEMENT RATIO: \_\_\_\_\_

5) SLUMP/C.FACTOR: \_\_\_\_\_

6) ADDITIVES USED/QTY: \_\_\_\_\_

7) SPECIFIED U.C.S: \_\_\_\_\_

N/mm<sup>2</sup>

8) TEST RESULTS:

(SOURCE : \_\_\_\_\_)

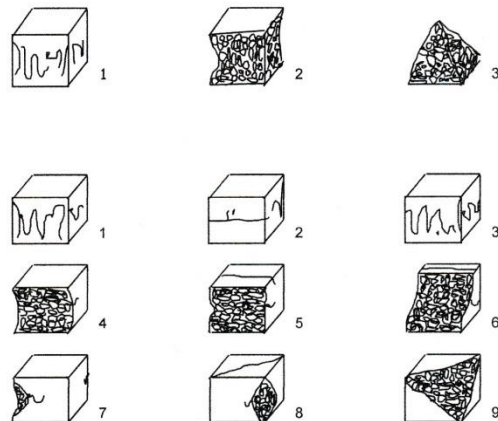
ITEM	DESCRIPTION	SPECIMEN 1	SPECIMEN 2	SPECIMEN 3	SPECIMEN 4	SPECIMEN 5
(a)	IDENTIFICATION NO.	1P	2P	3P		
(b)	DATE WHEN RECEIVED	01/12/15	01/12/15	01/12/15		
(c)	CONDITION WHEN RECEIVED	OK	OK	OK		
(d)	DATE OF CASTING	03/11/15	03/11/15	03/11/15		
(e)	DATE AT TEST	01/12/15	01/12/15	01/12/15		
(f)	AGE AT TEST (Days)	28	28	28		
(g)	DIMENSION (mm)	213x102x69	213x103x69	213x103x70		
(h)	MASS (kg)	3.149	3.005	3.042		
(i)	DENSITY (kg/m <sup>3</sup> )	2112.0	1919.5	1971.2		
(j)	MAX. FAILURE LOAD (KN)	160.8	128.4	132.6		
(k)	COMPRESSIVE STRENGTH (N/mm <sup>2</sup> )	7.40	5.85	6.04		
(l)	TYPE OF FRACTURE					
(m)	REMARKS (N/mm <sup>2</sup> )	AVERAGE:	6.43	(3NOS)		

CHECKED BY : Raja Akmal Kahar B. K. Y. Bahin  
Eks. Makmal

Q PILE & MACHINERIES SDN BHD  
(Formerly known as BABENA PILE SDN BHD)

WITNESSED BY : \_\_\_\_\_

WITNESSED BY : \_\_\_\_\_



LAMPIRAN G

**MAKMAL**  
**Q PILE & MACHINERIES SDN BHD**  
 (Formerly known as BABENA PILE SDN BHD)

PT 1097K, KAWASAN PERINDUSTRIAN CHENDERING 21080 KUALA TERENGGANU, TERENGGANU.  
 TEL.: 09-6175550 FAX.: 09-6175540

**BRICKS COMPRESSION TEST REPORT**  
 (IN ACCORDANCE WITH M.S 76 : 1972)

LAB REF : 26/11/2015  
 NO.OFCUBES: 3NOS

PROJECT : TESIS UTM  
 AUTHORITY/CLIENT : MUHAMAD WARIDI  
 1) POSITION IN STRUCTURE: CLAY BRICKS 2) CONCRETE GRADE: \_\_\_\_\_  
 3) MIX: \_\_\_\_\_ 4) WATER CEMENT RATIO: \_\_\_\_\_ 5) SLUMP/C.FACTOR: \_\_\_\_\_  
 6) ADDITIVES USED/QTY: \_\_\_\_\_ 7) SPECIFIED U.C.S: \_\_\_\_\_ N/mm2  
 8) TEST RESULTS:  
 ( SOURCE : \_\_\_\_\_ )

ITEM	DESCRIPTION	SPECIMEN 1	SPECIMEN 2	SPECIMEN 3	SPECIMEN 4	SPECIMEN 5
(a)	IDENTIFICATION NO.	A1	A2	A3		
(b)	DATE WHEN RECEIVED	26/11/15	26/11/15	26/11/15		
(c)	CONDITION WHEN RECEIVED	OK	OK	OK		
(d)	DATE OF CASTING	29/10/15	29/10/15	29/10/15		
(e)	DATE AT TEST	26/11/15	26/11/15	26/11/15		
(f)	AGE AT TEST (Days)	28	28	28		
(g)	DIMENSION (mm)	250x100x126	250x99x129	250x99x127		
(h)	MASS (kg)	6.280	6.127	6.268		
(i)	DENSITY (kg/m <sup>3</sup> )	1962.5	1919.0	1994.1		
(j)	MAX. FAILURE LOAD (KN)	83.5	74.8	74.7		
(k)	COMPRESSIVE STRENGTH (N/mm <sup>2</sup> )	3.34	3.02	3.02		
(l)	TYPE OF FRACTURE					
(m)	REMARKS (N/mm <sup>2</sup> )	AVERAGE:	3.13	(3NOS)		

CHECKED BY : Raja Ahmad Kahar B. R. S. Bahrin  
 Eks. Makmal  
 Q PILE & MACHINERIES SDN BHD  
 (Formerly known as BABENA PILE SDN BHD)

WITNESSED BY : \_\_\_\_\_

WITNESSED BY : \_\_\_\_\_