

PENGARUH SUBSTITUSI LIMBAH MARMER TERHADAP NILAI KUAT TEKAN *DRY GEOPOLYMER MORTAR* METODE *WET MIXING* DENGAN BERBAHAN DASAR ABU TERBANG DAN NaOH 8M

Riyan Erwan Triantono

Progam Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
riyanerwan@gmail.com

Arie Wardhono

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
ariewardhono@unesa.ac.id

Abstrak

Perkembangan yang terjadi pada dunia konstruksi di Indonesia telah meningkat sangat pesat. Hal ini juga berdampak pada bertambahnya jumlah penggunaan mortar sebagai salah satu material konstruksi. Mortar sebagai bahan konstruksi yang mengandung semen memiliki peranan yang sangat penting untuk perekat antara material-material penyusunnya. Pabrik semen pada saat proses produksi semen terjadi pelepasan gas karbondioksida (CO₂) ke udara yang besarnya sebanding dengan jumlah semen yang diproduksi yang dapat merusak lingkungan hidup kita diantaranya pemanasan global. Salah satu inovasi yang dapat menggantikan atau mengurangi komposisi semen adalah beton geopolimer. Hasil dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa beton *geopolymer* memiliki potensi untuk menghasilkan sifat mekanik yang lebih baik dengan adanya kandungan CaO pada *fly ash*. Limbah marmer merupakan material hasil sisa produksi yang memiliki kandungan CaO cukup tinggi, yaitu sebesar 97,74%. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh substitusi limbah marmer terhadap nilai kuat tekan pada pembuatan *dry geopolymer mortar* metode *wet mixing* berbahan dasar abu terbang dan NaOH 8M. Pengujian dilakukan pada mortar diameter 5cmx5cmx5cm dengan variasi persentase substitusi sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%. Larutan alkali aktifator menggunakan molaritas 8M. Hasil penelitian menunjukkan substitusi limbah marmer sebesar 10% memiliki nilai kuat tekan paling tinggi yaitu sebesar 8,57 MPa dengan nilai porositas sebesar 1,90%.

Kata Kunci : *Geopolymer mortar*, Limbah marmer, NaOH 8M, *fly ash*, kuat tekan.

Abstract

The development in the construction world in Indonesia has increased very rapidly. This also has an impact on increasing the number of mortar use as one of the construction materials. Mortar as a construction material containing cement has a very important part for adhesives between its constituent materials. Cement factories during the cement production process, occur the release of carbon dioxide (CO₂) gas into the air which is proportional to the amount of cement produced which can damage our environment including global warming. One of innovation that can replace or reduce the composition of cement is geopolymer concrete. The results of several studies show that geopolymer concrete has the potential to produce better mechanical properties in the presence of CaO content in fly ash. Marble waste is a residual production material that has a high CaO content of 97.74%. This study aims to determine the effect of marble waste substitution on the value of compressive strength in the manufacture of wet mixing dry geopolymer mortar based on fly ash and NaOH 8M. Tests were carried out on 5cmx5cmx5cm diameter mortars with variations in the percentage substitution of 0%, 5%, 10%, 15%, 20%. The alkali activator solution uses 8M molarity. The results showed that substitution of 10% marble waste had the highest compressive strength of 8.57 MPa with porosity value of 1.90%.

Keywords : *Geopolymer mortar*, *Marble waste*, *8M NaOH*, *fly ash*, *compressive strength*.

PENDAHULUAN

Perkembangan yang terjadi pada dunia konstruksi di Indonesia telah meningkat sangat pesat. Hal ini juga berdampak pada bertambahnya jumlah penggunaan mortar sebagai salah satu material konstruksi. Mortar didefinisikan sebagai campuran

material yang terdiri atas semen, air dan agregat halus dengan komposisi tertentu. Perkembangan yang terjadi pada mortar yaitu terdapat pada bahan penyusunnya. Bahan penyusun utama pada mortar sebagai material perekat adalah semen.

Mortar sebagai bahan konstruksi yang mengandung semen memiliki peranan yang sangat

penting untuk perekat antara material-material penyusunnya. Pemakaian semen pada tahun 2017 di Indonesia telah diperkirakan oleh Kementerian Perindustrian mencapai 102 juta ton dari total kebutuhan 70 juta ton per tahun (Kementerian Perindustrian, 2017). Hasil tersebut seiring dengan meningkatnya realisasi investasi pada industri produksi semen. Sedangkan, pabrik semen pada saat proses produksi semen terjadi pelepasan gas karbondioksida (CO_2) ke udara yang besarnya sebanding dengan jumlah semen yang diproduksi yang dapat merusak lingkungan hidup kita diantaranya pemanasan global (Davidovits, 1994).

Oleh karena itu, sangat diharapkan apabila menggunakan material lain yang dapat menggantikan semen sebagai material penyusun dalam konstruksi bangunan dan mampu berperan sama halnya seperti semen namun lebih ramah lingkungan. Dari pemikiran tersebut, mulai banyak yang meneliti produksi alam yang ramah lingkungan dan mampu mengganti semen dengan bahan lain yang produksi dan pemakaiannya tidak menimbulkan pencemaran lingkungan. Salah satu diantaranya ialah melalui pengembangan beton dengan menggunakan bahan pengikat anorganik seperti alumina-silikat *polymer* atau dikenal dengan geopolimer yang merupakan sintesa dari material geologi yang terdapat pada alam yang kaya akan kandungan silika dan alumina (Davidovits, 1999).

Dari penelitian sebelumnya, Imam Agus Arifin (2018) salah satu inovasi yang dapat menggantikan atau mengurangi komposisi semen adalah beton geopolimer yang ditemukan oleh Davidovits. Geopolimer adalah bentuk anorganik alumina-silika yang disintesa dari material yang banyak mengandung Silika (Si) dan Alumina (Al) yang berasal dari alam atau material sampingan industri (Manuahe, Riger et al., 2014).

Beton geopolimer merupakan beton yang material utamanya mengandung bahan yang bersifat pozzolan. Pozzolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika dan alumina. Dengan bentuknya yang halus, dapat direaksikan dengan alkali aktifator. Salah satu material yang bersifat pozzolan adalah abu terbang. Abu terbang merupakan sisa dari hasil pembakaran batu bara pada *power plants*. Abu terbang mempunyai titik lebur sekitar 1300°C dan berdasarkan uji komposisi kimia abu terbang mengandung CAS ($\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$) dalam jumlah besar yang merupakan pembentuk utama *network glass*. Abu terbang memiliki kerapatan massa (densitas), antara $2,0 - 2,5 \text{ g/cm}^3$ (Bienias, 2003).

Ketika material yang bersifat pozzolan mulai menipis, perlu dicari sumber lainnya yang mampu

untuk mensubstitusikan sekaligus ramah lingkungan yaitu limbah marmer. Limbah marmer merupakan limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan batu marmer menjadi kerajinan atau *furniture* rumah. Pada proses pengelolahannya, batu marmer dipotong, dibelah dan dihaluskan. Pada proses itulah dihasilkan limbah marmer dalam bentuk berupa serbuk, bongkahan dan cairan. Pemilihan penggunaan limbah marmer karena limbah marmer memiliki kandungan kimia CaO yang tinggi. Untuk itu diharapkan limbah marmer dapat dijadikan sebagai bahan pengganti sebagian semen. Binti N. (2018) merekomendasikan parameter penelitian mengenai penambahan substitusi limbah marmer yaitu pada prosentase antara 5-25%. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, beton geopolimer dengan substitusi 10% memiliki kuat tekan yang paling tinggi, yaitu sebesar 31,83 MPa dengan porositas yang rendah sebesar 0,024% di umur 28 hari.

The Wet Mixing Method adalah metode yang paling umum digunakan, dimana alkali aktivator yang digunakan disajikan hanya dalam bentuk larutan. NaOH (Natrium Hidroksida) dilarutkan sesuai dengan konsentrasi molar yang diinginkan dan Na_2SiO_3 (Natrium Silikat) disajikan dalam bentuk cair, atau disebut *water glass* (Ridho et al., 2017).

Sudah ada beberapa dari penelitian yang menunjukkan pembuatan mortar geopolimer dengan metode *wet mixing*. Metode ini sulit diterapkan di lapangan karena dalam pembuatannya hanya pihak-pihak tertentu yang paham mengenai cara pembuatannya. Maksud dari metode *wet mixing* adalah bahan kimia alkali aktivator yang akan digunakan disajikan sendiri dalam bentuk larutan. Padatan sodium hidroksida (NaOH) terlebih dahulu dilarutkan sesuai dengan konsentrasi molar yang diinginkan. Larutan tersebut kemudian dicampur dengan bahan pozzolan yang sudah disiapkan dalam wadah tersendiri (Abdullah et al., 2013). Penelitian sebelumnya terdapat keunggulan dari geopolimer dengan metode konvensional yang masih bisa digali lagi dengan menggunakan metode *wet mixing*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh substitusi limbah marmer terhadap nilai kuat tekan pada pembuatan *dry geopolimer mortar* metode *wet mixing* berbahan dasar abu terbang dan NaOH 8M. Batasan masalah pada penelitian ini adalah: (1) Menggunakan *fly ash* tipe C, (2) Cairan *activator* yaitu cairan berupa Sodium Hidroksida (NaOH) dengan konsentrasi 8M, (3) Menggunakan kapur, (4) Untuk *water cement ratio* (W/C) sebesar 0,40, (5) Limbah marmer yang digunakan dari limbah PT. Industri Marmer Indonesia

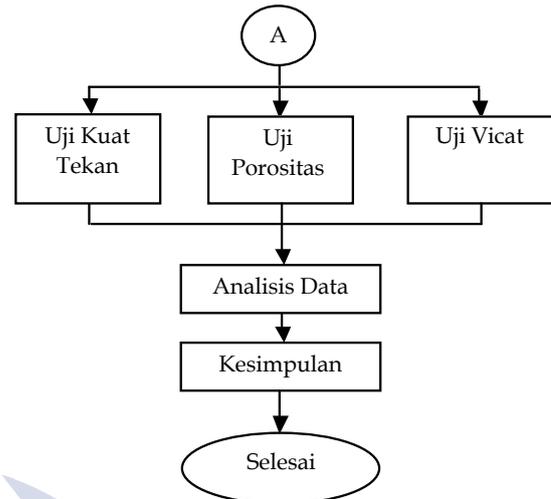
Tulungagung, (6) Untuk substitusi limbah marmer dengan abu terbang menggunakan presentase 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%, (7) Air yang digunakan adalah air aquades, (8) Agregat halus yang dipakai yaitu pasir Lumajang, (9) Benda uji yang digunakan dalam bentuk kubus dengan ukuran 50mm x 50mm x 50mm, (10) Pemeriksaan kuat tekan dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari.

METODE

Penelitian ini termasuk dalam penelitian eksperimental yaitu penelitian yang dilakukan di laboratorium dengan memberikan sebuah *treatment* perlakuan terhadap benda uji yang akan diteliti. Penelitian yang dilakukan berupa uji laboratorium dengan substitusi limbah marmer pada abu terbang terhadap kuat tekan dan porositas mortar *dry geopolimer* dengan NaOH 8M.

Pengujian dilakukan sesuai dengan umur yang telah direncanakan yaitu 7, 14, dan 28 hari dengan menggunakan benda uji mortar geopolimer berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm dengan komposisi prosentase substitusi limbah marmer terhadap *fly ash* yaitu sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%.

Hasil pengujian di laboratorium akan didapat data yang kemudian akan diolah untuk mendapatkan kesimpulan tentang substitusi limbah marmer pada abu terbang terhadap nilai kuat tekan dan porositas mortar *dry geopolimer*. Langkah-langkah penelitian ini terdapat pada diagram alir di bawah ini:



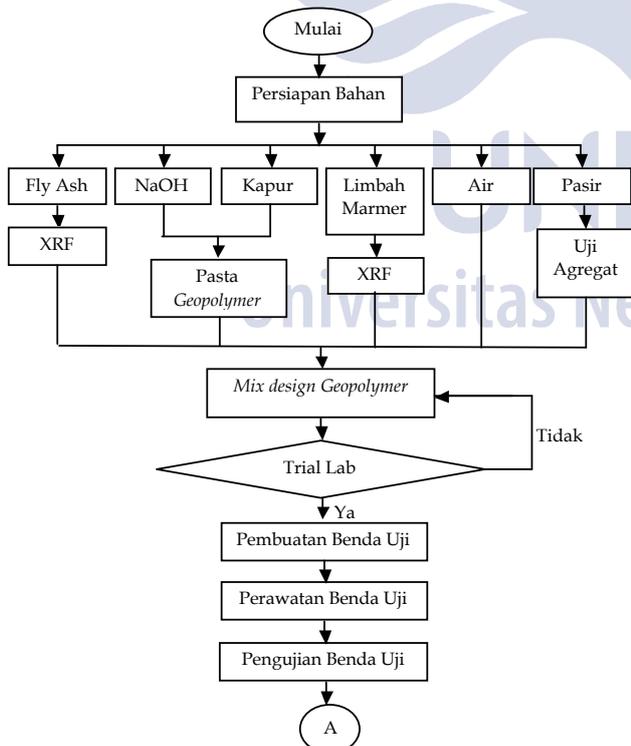
Gambar 1. Diagram alir penelitian

Dalam teknik pengumpulan data penelitian kali ini yaitu dilakukan dengan melakukan berbagai uji terhadap benda uji, yaitu uji kuat tekan, uji XRF dan uji waktu pengikatan awal. Untuk metode analisa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan deskriptif kuantitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji XRF (*X-Ray Fluorescence*) *Fly Ash*

Pengujian *X-ray Fluorescence Fly Ash* ini dilakukan di Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju FMIPA Universitas Negeri Malang. Untuk hasil pengujian adalah sebagai berikut:



22-nov-2018 11:16:09 **Sample results** Page 1

Sample results														
Sample ident														
E 1594														
Application <Standardless>														
Sequence 1 of 1														
Measurement time 22-nov-2018 11:10:36														
Position 4														
Compound	Al	Si	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr
Conc	8,9	23,4	3,19	17,0	1,37	0,076	0,087	0,51	40,65	0,05	0,095	0,08	0,25	0,65
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Compound	Mo	Ba	Eu	Yb	Re	Hg								
Conc	2,3	0,55	0,4	0,04	0,05	0,23								
Unit	%	%	%	%	%	%								

Gambar 2. Hasil uji XRF *fly ash*

Dari pengujian tersebut diketahui unsur-unsur kimia yang terdapat dalam *fly ash* yang digunakan pada penelitian ini. Komposisi yang paling banyak dalam *fly ash* adalah Besi (Fe) sebesar 40,65%, Silikon (Si) sebesar 23,4%, Kalsium (Ca) sebesar 17%, dan Aluminium (Al) sebesar 8,9%. Kelima unsur kimia terbesar yang terkandung dalam *fly ash* menandakan bahwa *fly ash* memiliki sifat pozzolan seperti semen. Berdasarkan hasil XRF tersebut *fly ash* tersebut termasuk ke dalam tipe C dimana kadar Kalsium lebih dari sama dengan 10%.

Hasil Uji XRF (X-Ray Fluorescence) Limbah Marmer

Pengujian *X-ray Fluorescence* limbah marmer ini dilakukan di Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju FMIPA Universitas Negeri Malang. Untuk hasil pengujian adalah sebagai berikut:

22-nov-2018 11:13:33 **Sample results** Page 1

Sample ident										
E 1593										
Application <Standardless>										
Sequence 1 of 1										
Measurement time 22-nov-2018 11:08:40										
Position 3										

Compound	Ca	Ti	Mn	Fe	Cu	Sr	Mo	Ba	Eu	Lu
Conc	97.74	0.04	0.02	1.02	0.940	0.29	0.28	0.2	0.2	0.20
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

Gambar 3. Hasil uji XRF limbah marmer

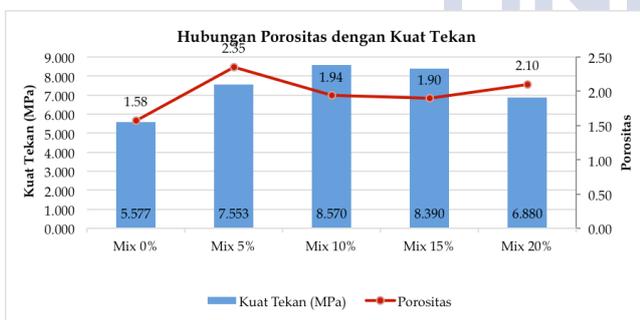
Berdasarkan hasil pengujian XRF di atas dapat diketahui bahwa kandungan unsur kimia terbanyak pada limbah marmer adalah Kalsium (Ca) yakni sebesar 97,74%.

Hubungan nilai porositas dengan hasil nilai kuat tekan *dry geopolymer mortar*

Berikut ini adalah hubungan antara nilai porositas dengan hasil nilai kuat tekan *dry geopolymer mortar* 8M pada *mix design* 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%.

Tabel 1. Hubungan porositas dengan hasil kuat tekan

Benda Uji	Porositas	Kuat Tekan
Mix 0%	1.58	5.577
Mix 5%	2.35	7.553
Mix 10%	1.94	8.570
Mix 15%	1.90	8.390
Mix 20%	2.10	6.880



Gambar 4. Grafik hubungan porositas dengan hasil kuat tekan

Hubungan yang terjadi antara perubahan porositas dan kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 4 diatas, dapat dilihat bahwa peningkatan prosentase porositas memiliki keterkaitan terhadap

penurunan kuat tekan mortar karena porositas mortar menggambarkan kepadatan dari mortar tersebut.

Menurut Retno Anggraini (2008), meningkatnya nilai porositas menunjukkan bahwa beton memiliki pori yang cukup besar akibat terjadinya penguapan air dan pemuai material pengisi beton, hal ini merupakan salah satu penyebab turunnya kualitas betondalam memikul beban, khususnya kemampuan beton dalam memikul beban tekan. Nilai kuat tekan *dry geopolymer mortar* berbanding terbalik dengan nilai prosentase porositas.

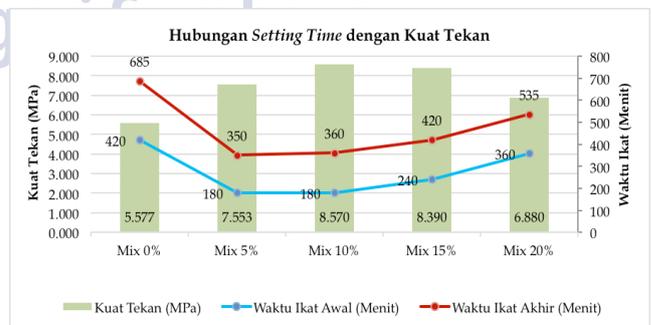
Semakin kecil nilai porositas menunjukkan bahwa mortar memiliki kepadatan yang tinggi sehingga mortar dapat menerima beban yang lebih besar. Limbah marmer yang bereaksi dengan H₂O akan mengalami penggumpalan dan pengerasan sehingga nantinya akan mengisi pori-pori yang lebih kecil dari material lainnya sehingga mortar lebih padat. Dari hasil tersebut, kepadatan maximum terjadi pada mix 10%.

Hubungan *setting time* dengan hasil kuat tekan *dry geopolymer mortar*

Berikut ini adalah hubungan antara nilai *setting time* dengan hasil nilai kuat tekan *dry geopolymer mortar* 8M pada *mix design* 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%

Tabel 2. Hubungan *setting time* dengan hasil kuat tekan

Penurunan	Pengikatan awal	Pengikatan Akhir	Kuat Tekan
	Menit ke-	Menit ke-	
Mix 0%	420	685	5.577
Mix 5%	180	350	7.553
Mix 10%	180	360	8.570
Mix 15%	240	420	8.390
Mix 20%	360	535	6.880



Gambar 5. Grafik hubungan *setting time* dengan hasil kuat tekan

Pada pembuatan *dry geopolymer mortar*, waktu ikat (*setting time*) akan mempengaruhi karakteristik

dari mortar itu sendiri. Salah satunya yaitu pengaruhnya terhadap kuat tekan. Dari Tabel 4.32 dan Gambar 4.26 diatas, dapat dilihat hasil dari hubungan waktu ikat dengan hasil kuat tekan.

Dapat dilihat bahwa dari *mix* 0% ke *mix* 5% mengalami penurunan yang cukup tajam. Dari kondisi benda uji tanpa limbah marmer kemudian diberi limbah marmer mengalami penurunan, hal ini disebabkan karena kandungan dalam limbah marmer yakni Ca yang tinggi akan berpengaruh pada mortar geopolimer, karena semakin bertambahnya limbah marmer yang dilakukan maka semakin banyak pula tingkat kelarutan dari CaO dan akan menghasilkan panas yang berpengaruh pada penguapin air (H₂O) sehingga mortar geopolimer memiliki sifat cepat mengeras.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan dalam pembuatan benda uji *dry geopolimer mortar* metode *wet mixing* dengan berbahan dasar abu terbang dan NaOH 8M dapat disimpulkan bahwa: (1) Pengaruh substitusi limbah marmer terhadap *fly ash* dapat menambah nilai kuat tekan beton karena adanya proses reaksi kimia antara Ca dengan H₂O yang menghasilkan reaksi kimia CaCO₃ yang bersifat keras. Namun, semakin tinggi nilai prosentase substitusi limbah marmer terhadap *fly ash* maka hasil dari nilai kuat tekan mortar akan semakin menurun. (2) Komposisi substitusi marmer terhadap *fly ash* yang optimum pada pembuatan *dry geopolimer mortar* metode *wet mixing* berbahan dasar abu terbang dan NaOH 8M ditinjau dari kuat tekan dan porositasnya adalah sebesar 10%, karena dari hasil penelitian dengan substitusi 10% mempunyai kuat tekan yang tinggi sebesar 8,57 MPa dengan porositas rendah sebesar 1,90% di umur 28 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. M., et al, dkk. 2013. Asas Geopolimer (Teori & Amali). Perlis: Unit Penerbitan Universiti Malaysia Perlis.
- Bienias, J., Walczak, M., Surowska, B. dan Sobczak, J., (2003), "Microstructure and Corrosion Behavior of Aluminium Fly Ash Composite", *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, Vol. 5, hal. 493-502.
- Binti, N., (2018), "Pengaruh Subtitusi Fly Ash dengan Limbah Marmer Terhadap Kuat Tekan dan Porositas Beton Geopolimer Pada NaOH 15M.

Davistdovits, J. 1994. "Properties of Geopolymer Cements". Makalah disajikan dalam *First International Conference on Alkaline Cements and Concretes, Scientific Research Institute on Binders and Material, Kiev, Ukraine.*

Davistdovits, J., 1999, *Chemistry of Geopolymer System, Terminology*. Paper presented at the Geopolymer '99 International Conference, Saint-Quentin, France.

Imam, A., (2018), "Pengaruh Substitusi Limbah Marmer Pada Fly Ash Terhadap Kuat Tekan dan Porositas Beton Geopolimer pada Molaritas 10M".

Manuahe Riger, 2014. Kuat tekan beton geopolimer berbahan dasar abu terbang (fly ash). Skripsi Program S1 Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Ridho Bayu A., Abdul Karim Y., Tri Eddy Susanto., M. Sigit D., 2017. "A Review in Geopolymer Binder with Dry Mixing Method (Geopolymer Cement)".