

UPAYA MENGATASI KERETAKAN YANG TERJADI PADA TEMBOK

Elisa Haryonugroho

Alumnus Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Arsitektur – Universitas Kristen Petra

ABSTRAK

Secara Struktur, keretakan tembok belum dianggap sebagai sesuatu yang penting. Namun dari segi arsitektur dan tuntutan penghuni atau pemilik bangunan, keretakan dapat menjadi perhatian utama. Penyebab keretakan dapat dikarenakan kondisi tanah, kegagalan pondasi dan atau struktur utama, karakter bahan, detail sambungan, maupun perlakuan terhadap bahan itu sendiri. Oleh sebab itu, penggalan gagasan untuk mengatasi keretakan merupakan upaya yang mendesak untuk dilakukan. Apalagi mengingat penggunaan tembok sudah memasyarakat.

ABSTRACT

Structurally, cracking on masonry is not significant. However, in some cases, the cracking can be major concern to architectural perspective and some dwellers. There are many reasons that cause cracking. That's why, some explorations on solving cracking based on the sources of cracking urge us to cope with them. Moreover, masonry application is common in Indonesia.

Kata Kunci: Pembengkakan, Penyusutan, Defleksi, Plastis

PENDAHULUAN

Pada masa kolonial Belanda, dinding perumahan rakyat biasa dibuat dengan memanfaatkan bahan bangunan lokal yang ada di sekitarnya (papan kayu, anyaman bambu/*gedheg*, dsb). Sedangkan beberapa rumah tinggal pribumi yang mempunyai kedudukan tertentu, dinding rumahnya dibuat dari tembok yang oleh penduduk disebut rumah *loji*. Di perkebunan (*onderneming*), rumah *loji* itu berukuran besar karena yang menempati termasuk “pembesar” di perkebunan itu, maka rumah itu disebut “besaran”. Ini menurut cerita ayah saya yang pensiunan dari perusahaan perkebunan.

Sekarang, hampir setiap rumah tinggal di kota-kota besar menggunakan tembok/dinding batu (*masonry*). Bukan lagi mengindikasikan status sosial tertentu, tetapi sudah menjadi kebiasaan membangun dinding dengan menggunakan batu bata, batako, atau bahan lainnya.

Di balik dinding-dinding yang kita bangun, pernahkah kita mengamati adanya keretakan yang dapat dikatakan hampir selalu ada. Hingga saat ini kita belum pernah mengkaji masalah keretakan dinding secara seksama dan tuntas.

Sejauh ini yang kita lakukan adalah penyelesaian praktis di lapangan yang hasilnya belum tentu sama meskipun dengan menggunakan media dan metode yang sama. Beberapa praktisi juga sudah mencoba menggunakan anyaman kawat/kawat ayam (*wire mesh*), namun pendekatan ini belum sampai pada akar permasalahan.

Berikut ini beberapa saran mengatasi keretakan yang terjadi pada dinding mengacu dari sebuah penelitian yang dilakukan oleh AW. Page (1993) dan sebuah percobaan pada sebuah model di Bangkok yang dilakukan oleh Uwe Kramer (1996). Percobaan tersebut dilakukan di lokasi yang mempunyai kesamaan iklim dan cuaca dengan Indonesia, oleh karena itu sangat relevan untuk dijadikan referensi. Sebagaimana dikatakan Alan Whitting, pengamatan terhadap model bangunan merupakan cara untuk mengoreksi dengan alat-alat yang paling minimum dan paling murah [1].

Meskipun keretakan kecil pada dinding belum dipermasalahkan dari sudut pandang estetika dan struktur, namun dianggap mengganggu terutama bagi penghuni atau pemiliknya. Keretakan yang terjadi pada dinding tidak membawa konsekuensi struktur, tetapi dalam

beberapa kasus keretakan dapat dijadikan indikasi penting akan terjadinya kegagalan struktur. Kejadian dinding pagar yang roboh tahun lalu di hotel Mulia - Senayan dan menelan korban jiwa, sudah barang tentu didahului dengan adanya keretakan besar pada dinding. Setidaknya keretakan dinding memberikan indikasi kerusakan lebih lanjut seperti daun pintu dan daun jendela yang menjadi sulit dibuka dan ditutup, keretakan pada kusen, dsb.

KERETAKAN DINDING

Keretakan dinding disebabkan oleh banyak faktor, termasuk kekuatan sambungan-sambungan dan jenis bahan dinding, keberadaan pembukaan dinding untuk pintu dan jendela, tingkat kekuatan dinding, dan penyebab keretakan itu sendiri. Secara garis besar, penyebab keretakan dikategorikan ke dalam tiga hal, yakni pengaruh eksternal, perubahan dimensi dinding, dan interaksi sebuah elemen struktur dinding dengan elemen struktur dinding lainnya.

a. Pengaruh Eksternal

Keretakan yang diakibatkan faktor-faktor eksternal adalah pembengkakan/"*swelling*" dan penyusutan/"*shrinkage*" yang disebabkan oleh reaksi tanah liat, hubungan dinding dengan elemen struktur, atau perubahan dimensi dari pada dinding batu itu sendiri.

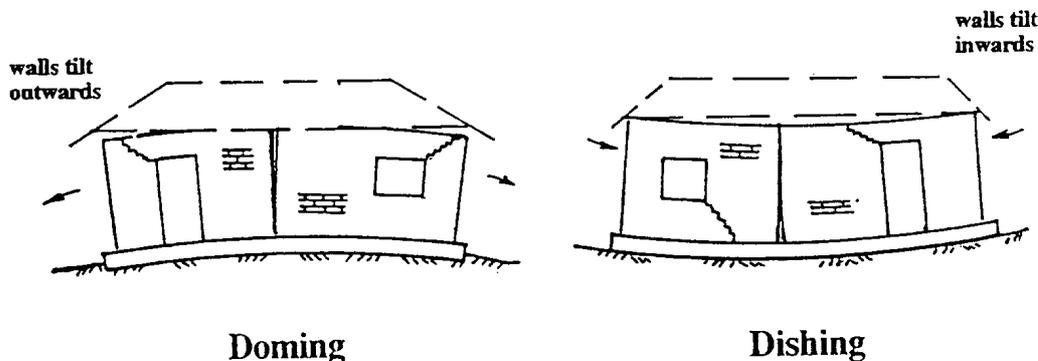
Faktor-faktor eksternal yang dimaksud, diakibatkan oleh pergerakan tanah yang berlebihan dan merambat ke pondasi. Bilamana tingkat pergerakan dapat diperkirakan, yang pertamanya yang harus dilakukan adalah memperkuat

pondasi atau "*sloof*"-nya agar lebih kaku/"*rigid*", sehingga dapat mengakomodasi gaya yang ditimbulkan pergerakan tanah dan menghindari deformasi yang berlebihan. Pondasi diperhitungkan dapat bergerak dalam batas-batas tertentu, elemen dinding harus dipisah dalam beberapa segmen. Sambungan segmen ini memberi toleransi kepada pondasi untuk bergerak dan tidak berpengaruh terhadap dinding.

Tanah liat yang reaktif (bersifat plastis), sangat mudah bereaksi apakah membengkak pada saat kadar air meningkat, atau menyusut pada saat kadar air menurun. Pergerakan tanah yang terjadi bisa besar sekali. Menurut Sorensen, meskipun pergerakan hingga 50 mm jarang terjadi, namun pada kasus tertentu pernah dicatat pergerakan hingga 100 mm. Kadar kelembaban di permukaan tanah sangat dipengaruhi oleh kondisi-kondisi di permukaan tanah seperti perubahan musim, penyiraman tanaman, keberadaan tumbuh-tumbuhan (pohon dan semak belukar), kebocoran pipa air, dan radiasi matahari [2].

Kadar kelembaban tanah di bawah sebuah bangunan yang luas juga tidak sama benar. Khususnya kadar kelembaban tanah di sekeliling tepian bangunan dan kadar kelembaban tanah di bawah bangunan tentu berbeda. Pada kondisi tanah yang reaktif, pergerakan tanah sudah barang tentu akan terjadi dan mengakibatkan bangunan menggelembung ke atas (*doming*) atau melendut ke bawah (*dishing*). (Gambar 1)

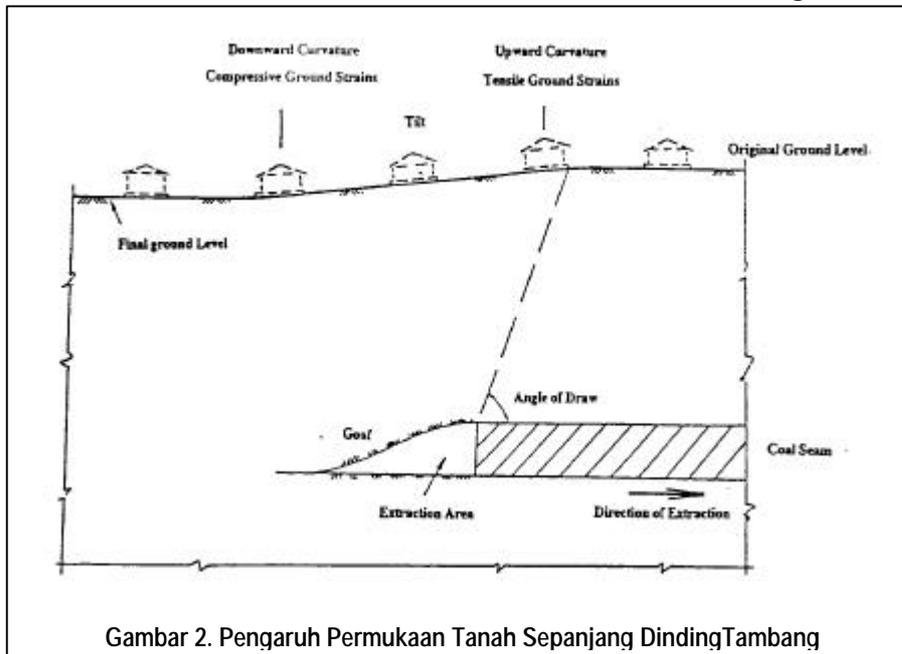
Untuk jenis bangunan yang luas di atas permukaan tanah yang labil seperti ini, disarankan untuk menggunakan struktur plat lantai yang mengambang (*floating*).



Gambar 1. Keretakan Tipikal Karena Pergerakan Tanah

Penurunan diferensial pada pondasi juga dapat mengakibatkan keretakan dinding. Pada awalnya, kondisi ini menyebabkan konsolidasi penyaluran beban yang tidak merata, konstruksi bangunan di atas kondisi sub-struktur yang variabel, dan/atau gaya geser lokal yang terjadi pada sebagian pondasi.

Menurut pengalaman penulis, untuk lokasi-lokasi di daerah pertambangan jenis permukaan seperti di Sangata, Kalimantan Timur, pergerakan tanah akibat eksploitasi berdampak pada pondasi perumahan di bawahnya sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2. Keadaan kandungan batu bara yang semula diperhitungkan dapat memperkuat kondisi tanah, setelah ditambang tanah permukaan cenderung bergerak ke atas dan ke bawah mirip dengan reaksi kembang-susut tanah liat tadi. Dalam hal ini, pengaruh peregangan tanah akibat kecenderungan bergerak ke arah bidang tanah menjadi perlu diperhatikan. Untuk meminimalkan pengaruh ketegangan tanah ini adalah dengan membuat pondasi sedalam mungkin. Filosofi sistem pondasi yang diterapkan sama halnya dengan sistem pondasi yang didesain untuk tanah yang reaktif, yakni pondasi harus cukup kaku dan cukup kuat untuk mengakomodasi pergerakan tanah pada batas-batas yang direncanakan.



Sumber keretakan dinding lainnya yang potensial adalah gaya yang besar akibat kejadian-kejadian seperti gempa dan halilintar yang jarang terjadi atau kendaraan berat dan peledakan di permukaan tanah untuk kepentingan tambang. Apapun bentuknya, kemungkinan-kemungkinan

ini perlu diperhitungkan pula. Meskipun aplikasi dari hasil perhitungan ini membawa konsekuensi biaya konstruksi, kerusakan yang lebih besar dapat diminimalkan hanya dengan perencanaan yang baik, membuat detail sambungan-sambungan, dan pengalaman konstruksi untuk kasus-kasus serupa.

b. Keretakan Akibat Perubahan Dimensi Dinding

Sama halnya dengan bahan bangunan lainnya, dinding akan mengalami perubahan dimensi akibat perubahan suhu oleh siklus alam karena iklim, atau proses pengeringan struktur dalam jangka panjang.

Perkembangan dan penyusutan dinding akibat perubahan suhu bervariasi menurut jenis bahan yang digunakan. Rentang nilai pembengkakan berkisar antara 0,008 hingga 0,01 mm/m/°C. Keretakan dinding karena fluktuasi suhu dapat pula diakibatkan perbedaan suhu ruang luar dan ruang dalam. Perbedaan suhu yang tajam antara permukaan dinding bagian luar dan permukaan dinding bagian dalam juga menghasilkan retak. Oleh sebab itu, semakin tebal dinding akan semakin mampu memberi kekakuan dan peredaman terhadap perderakan dinding yang cenderung reaktif [3].

Untuk dinding-dinding yang acapkali berhubungan dengan air, hal yang perlu diketahui bahwa semua jenis dinding selalu membengkak bila kena air[3]. Oleh sebab itu diperlukan bahan pelindung pada permukaan yang selalu kena air.

Pemanfaatan bahan batu bata merah untuk dinding memerlukan perhatian khusus. Karena bahan ini akan mengalami pembengkakan akibat reaksi kimia antara air dan suatu mineral yang dikandung tanah liat. Tingkat pembengkakan yang tinggi ini terjadi pada awal pemasangan, selanjutnya akan terus membengkak dalam kurun waktu 5 tahun. Separuh dari volume pembengkakan akan terjadi pada 6 bulan pertama. Pembengkakan ini akan berhenti setelah 5 hingga 10 tahun dan tidak pernah kembali lagi ke dimensi semula [1].

Pola keretakan pada dinding batu bata cukup istimewa dan mencerminkan mekanisme pergerakan yang tidak merata antara bidang-bidang dinding, pengaruh penahanan dari elemen-elemen bidang lain yang berhubungan, dan pergerakan relatif pada bagian kecil pada bidang dinding yang sama. Pembengkakan ini terjadi baik secara horisontal dan vertikal. Sehingga pengendalian ke arah vertikal juga penting. Pemisahan antara elemen dinding dan struktur utama baik secara vertikal dan bagian atas bidang dinding perlu dilakukan. Kebiasaan tukang batu kita yang selalu mencelupkan batu bata ke dalam air sebelum dipasang dengan harapan memperoleh daya rekat yang lebih baik, juga merupakan anggapan yang keliru.

Sebuah pengujian akselerasi 4 jam dapat dilakukan untuk memperkirakan nilai karakteristik pembengkakan yang tidak terkendali dalam kurun 5 tahun pada batu bata. Nilai karakteristik untuk pembengkakan tingkat rendah adalah kurang dari 0,6 mm/m, dan untuk kasus-kasus yang ekstrim dapat mencapai 1,8 mm/m. Mengingat karakter batu bata merah yang rentan terhadap air, sangat disarankan mendirikan dinding dengan batu bata tidak di musim hujan. Atau dinding harus dilindungi bila terpaksa harus dipasang pada musim hujan.

Dalam hal menggunakan batako, acapkali produsen batako lokal yang memasok proyek-proyek besar dan membutuhkan volume besar harus menggunakan batako yang baru selesai dicetak. Batako dengan kondisi seperti ini berpotensi menimbulkan retak. Karena batako membutuhkan sekurang-kurangnya 4 minggu (pada suhu kamar) untuk menjadi kering dan siap digunakan [6].

Plesteran semen yang biasa diterapkan untuk permukaan dinding juga memegang peranan yang penting. Kegagalan plester semen dapat disebabkan oleh daya rekat yang lemah ke permukaan dinding atau keretakan dinding itu sendiri. Penyusutan plester semen juga berdampak kurang baik pada dinding. Kegagalan akibat lemahnya daya rekat plesteran atau retak akan tergantung pada derajat penyusutan plesteran, kualitas daya rekat, dan pergerakan bidang dinding dimana plester melekat. Proses pengeringan plesteran akan mengakibatkan tekanan tarik di permukaan yang pada gilirannya menghasilkan retak. Adapun tingkat potensi keretakan pada plesteran tergantung pada: Jumlah air yang dipakai dalam campuran. Semakin banyak air, semakin besar potensi terjadi keretakan.

Tingkat kehilangan air dalam campuran plesteran. Semakin cepat mengering, semakin besar kemungkinan retak. Kadar semen dalam campuran. Penyusutan cenderung meningkat searah dengan meningkatnya kadar semen, meningginya suhu udara, dan terlalu banyaknya semen (PC) dalam campuran. Kualitas pasir akan mempengaruhi kemampuan sifat plastis campuran.

Standar pekerja atau tukang batu yang dapat mempengaruhi akurasi perbandingan campuran plesteran. Oleh sebab itu, penggunaan semen siap pakai dan disiplin membangun dinding yang baik dan benar, akan dapat membantu mengurangi resiko ini.

Keretakan plesteran dapat disebabkan oleh penyusutan dan pengaruh-pengaruh tersebut di atas, elemen pengaku pada bidang-bidang dinding yang berpotongan dan pada pembukaan pintu dan jendela, hubungan dengan permukaan bidang dinding atau material dinding. Kebersihan permukaan dinding dari debu atau partikel-partikel halus juga dapat mempengaruhi daya rekat plesteran. Oleh sebab itu, sebelum merekatkan plesteran disarankan untuk membersihkan permukaan dinding dengan sikat.

c. Keretakan Akibat Interaksi dengan Elemen-elemen Struktur yang Berlainan

Beberapa kasus keretakan disebabkan oleh interaksi dengan elemen struktur lain. Dalam hal ini, potensi keretakan dapat dieliminir dengan membuat detail-detail sambungan yang tepat. Elemen-elemen eksternal yang berpotensi terhadap keretakan adalah sebagai berikut:

- Penyusutan slab beton. Bilamana slab beton mengalami penyusutan dalam proses pengeringannya dan slab beton tersebut melekat ke dinding, maka akan menciptakan tarikan yang tidak diharapkan pada dinding. Keretakan yang terjadi ke arah horisontal. Keretakan jenis ini dapat dihindari dengan cara membuat hubungan lepas antara slab beton dengan dinding.
- Pergerakan material yang menyatu dengan dinding akibat perubahan suhu. Jika rangka atap dan balok baja yang rentan terhadap muai susut bersinggungan langsung dan tidak ada fleksibilitas untuk pergerakan relatif, pembengkakan, dan kontraksi dari baja dimaksud akan menyebabkan keadaan yang tidak menguntungkan bagi dinding. Sama halnya dengan penjelasan di atas.

- Peregangan nok/wuwungan yang terletak di atas dinding. Khususnya yang terbuat dari keramik mempunyai tendensi untuk meregang akibat keretakan yang terjadi pada dinding yang menopang. Penambahan jarak "over-lap" antar nok perlu diberikan untuk menghindari kasus ini.
- Penerapan pasangan untuk ikatan bahan dinding (batu bata, batako, dsb) yang berlebihan, juga menimbulkan dua karakter muai-susut bahan yang dominan. Apalagi bahan dinding yang digunakan batu bata merah yang cukup rentan akan terjadinya pergerakan/pembengkakan seperti dijelaskan di muka. Penerapan pasangan yang tipis sangat membantu ketahanan dinding dari keretakan.
- Korosi yang terjadi pada tulangan besi. Penulangan yang menyatu dengan lintel/balok, tulangan "arch", dan baut-baut yang bersentuhan langsung dengan dinding sering mengalami korosi/karat. Proses korosi meningkatkan volume besi yang menyebabkan "displacement" dan keretakan pada dinding yang menyelimutinya. Keretakan jenis ini dapat diatasi dengan penggunaan jenis pembesian yang tepat yang mempunyai tingkat ketahanan karat yang sesuai.

BEBERAPA USULAN SOLUSI

Bila potensi penyebab keretakan dapat diketahui, maka perencanaan yang baik dan pembuatan detail yang mengacu dari sumber keretakan dapat menghasilkan dinding dengan hasil yang baik.

Hal pertama yang perlu diperhatikan adalah perencanaan pondasi. Sebagaimana sudah dijelaskan di atas, bahwa perencanaan pondasi harus memperhatikan kondisi tanah. Beberapa asumsi yang konsisten harus dibuat yang merujuk pada sifat dan daya dukung (Σ) tanah, sistem pondasi yang akan diterapkan, sistem struktur, dan bentuk konstruksi dinding (dengan atau tanpa sambungan). Defleksi/penurunan yang dapat ditolerir pondasi akan tergantung pada hal-hal sebagai berikut: jenis bahan dan konstruksi dinding internal maupun dinding eksternal, permukaan dinding, jumlah dan lokasi sambungan serta panjang dan tata letak dinding.

Kualitas dinding memegang peranan penting dalam mengurangi retak. Kemampuan dinding dalam menahan retak tergantung pada kekuatan tarik dinding itu sendiri. Beberapa beton ringan mempunyai daya rekat lebih baik dari pada pasangannya (ikatan antar blok). Ini dimungkin-

kan karena bahan beton ringan bersifat lebih homogen[1]. Itulah sebabnya, daya ikat yang baik antara pasangan dan bahan pengisi dinding merupakan sesuatu yang esensial. Kebersihan permukaan atas bahan dinding sebelum diberi pasangan penting artinya untuk memberikan daya ikat yang baik antara pasangan dan bahan dinding. Nilai kekuatan daya rekat sangat bervariasi, tetapi karakteristik kekuatan daya rekat berkisar antara 0.2 Mpa - 0.5 Mpa.

Keretakan dinding dapat pula dihindari dengan menempatkan sambungan-sambungan pengendalian pergerakan dan detail yang tepat. Sifat, lokasi, dan jarak celah/space sambungan akan tergantung pada bentuk pergerakan yang harus dilayani oleh sambungan. Pada beberapa kasus, sambungan harus dapat mengimbangi beberapa jenis pergerakan sekaligus. Misalnya, sambungan untuk pergerakan pondasi, akan berfungsi juga sebagai sambungan pembengkakan atau kontraksi batu bata atau beton secara berturut-turut.

Sebagaimana dikemukakan di atas, sambungan yang digunakan berhubungan dengan kekakuan pondasi untuk mengatasi pengaruh pergerakan tanah. Sambungan antar komponen-komponen dinding diberikan untuk memisahkan bidang dinding. Sehingga bagian-bagian dari bidang dinding tersebut tetap kaku dan dapat mengikuti penurunan/defleksi dari pada pondasi. (Gambar 3)

Hubungan antara komponen atau segmen-segmen dinding untuk ketinggian 2,4 - 2,7 m ditunjukkan pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Panjang Dinding Maksimum untuk Sambungan antar Dinding

Klasifikasi Tanah	Konstruksi Dinding	Panjang Dinding (m)
A dan S	Tidak diperlukan sambungan	-
M dan H	Dinding penuh:	
	Bagian muka terlindung	6.5
	Dengan plesteran atau dicat	5.5
E*	Dinding penuh:	
	Bagian muka terlindung (perb. defleksi = 1:600)	5.5
	Dengan plesteran atau dicat (perb. defleksi=1:800**)	5.0

Catatan:

Klasifikasi tanah adalah sebagai berikut:

A = Tanah berpasir dan berbatu

S = Tanah berlumpur dan sebagian liat

M = Tanah liat yang bereaksi sedang

H = Tanah liat yang bereaksi kuat

E = Tanah liat yang bereaksi sangat kuat

* = Untuk klasifikasi E, perencanaan pondasi disarankan sesuai anjuran/perhitungan perencana sipil. Panjang dinding tergantung pada perbandingan defleksi yang akan diterima.

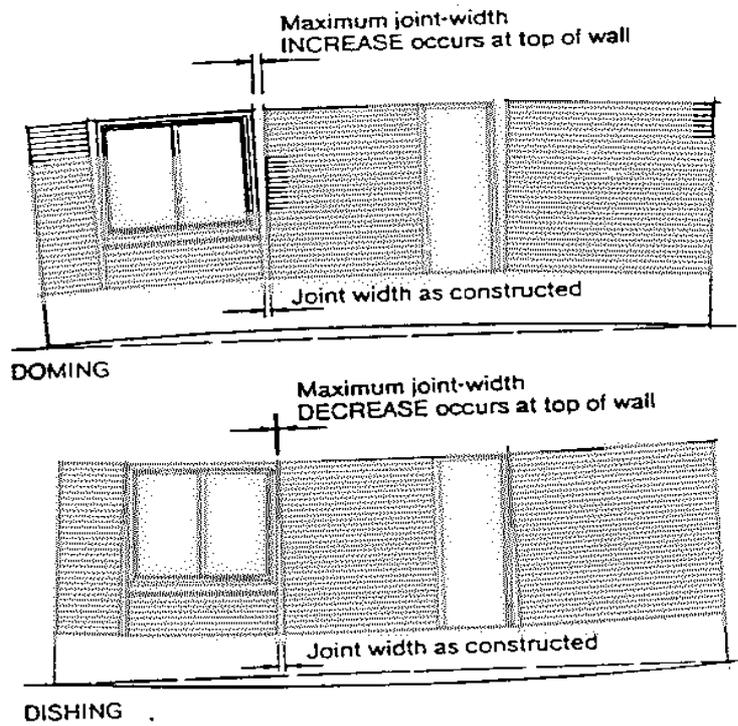
** = Menurut AS2870.2, 1990.

Perlu dipertimbangkan pula lokasi-lokasi yang berpotensi mengalami tekanan dinding. Lokasi-lokasi ini antara lain:

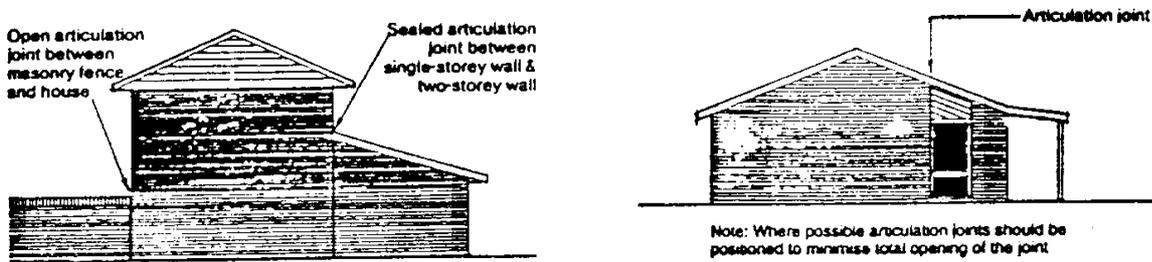
- Perbedaan ketinggian dinding
- Pembukaan dinding untuk pintu dan jendela
- Perubahan ketebalan dinding
- Pertemuan dinding-dinding yang dibuat dari material yang berlainan
- Hubungan antara dinding dengan struktur beton atau baja
- Hubungan dengan pipa-pipa sanitasi

Contoh sambungan untuk aspek-aspek di atas adalah gambar 4 berikut.

Konsentrasi tekanan pada ujung-ujung bukaan dinding untuk pintu dan jendela merupakan gejala umum. Tindakan yang perlu dilakukan untuk mengatasi masalah ini adalah meletakkan kawat ayam/anyaman kawat (*wire mesh*) pada posisi-posisi sebagaimana pada gambar 5. Anyaman kawat diletakkan pada arah 45°, semakin jauh dari sudut semakin pendek anyaman kawat.



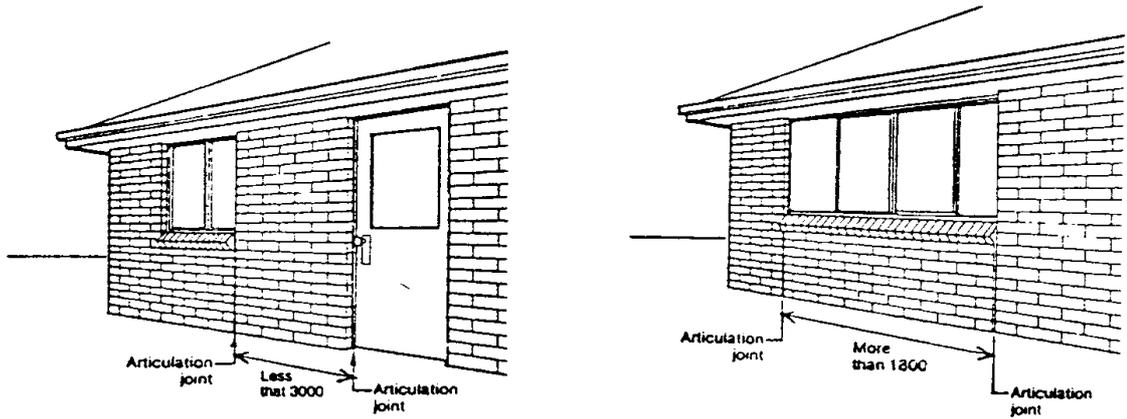
Gambar 3. Pengaruh Pergerakan Pondasi pada Sambungan Dinding



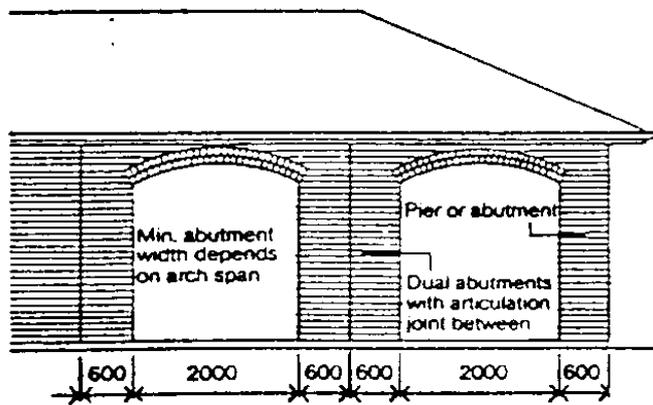
Pada perbedaan ketinggian dinding

Pada akhir gevel

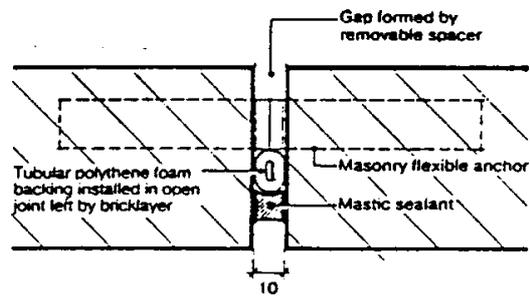
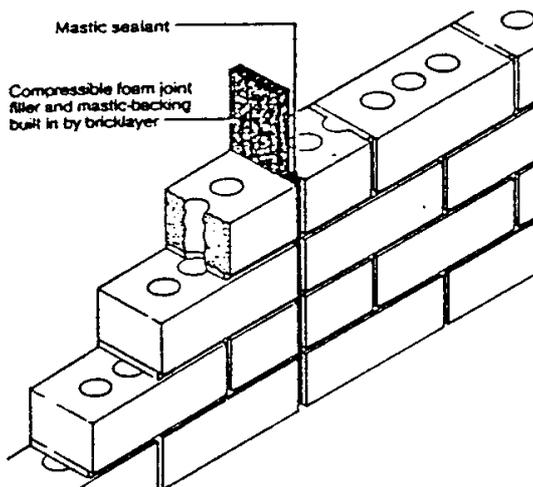
UPAYA MENGATASI KERETAKAN YANG TERJADI PADA TEMBOK



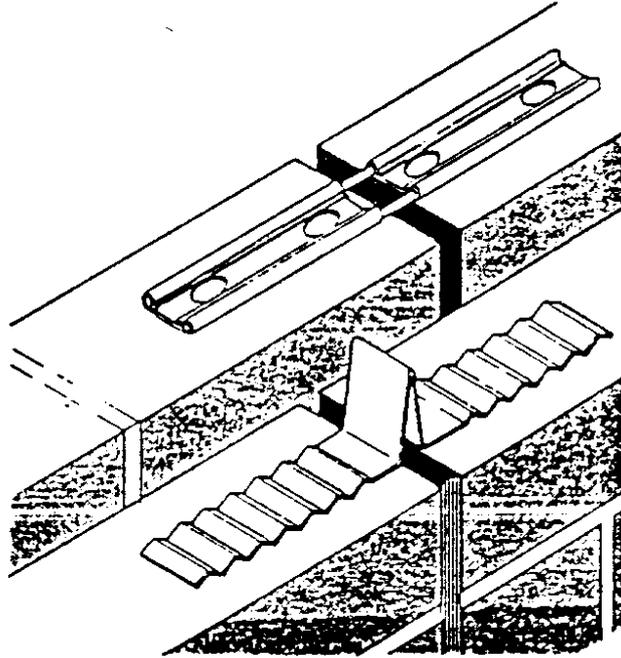
Pada pembukaan dinding untuk pintu dan jendela



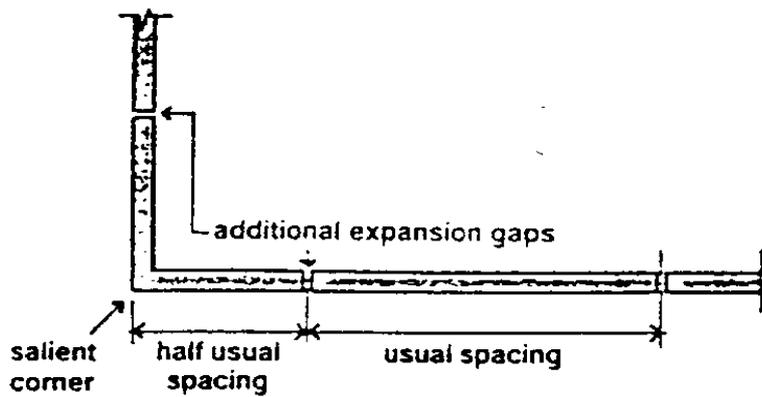
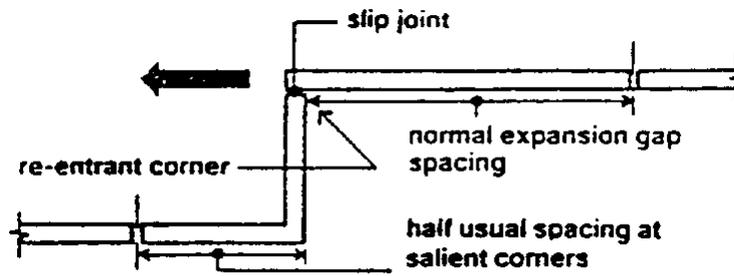
Antara dinding dengan bukaan berbentuk lengkung.



Detail sambungan dinding eksternal



Bentuk tipikal anker untuk sambungan



Pemisahan / celah yang diperlukan di dinding sudut

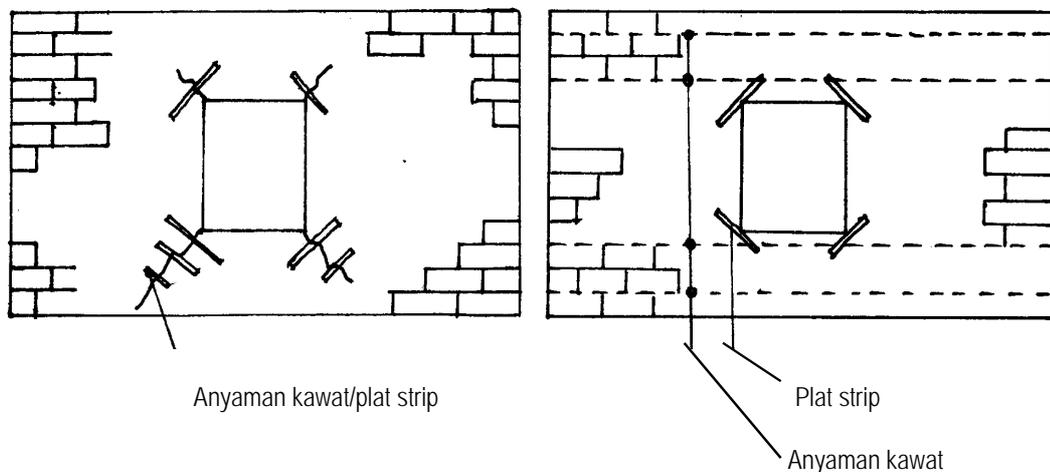
Karakter pembengkakan bata. (em' mm/m)	Lebar celah vertikal maksimum (m')		Lebar celah horisontal maksimum (m')	
	Dinding Sv	Parapet Sp	Rangka beton bertulang	Rangka baja & Dinding pemikul
Kecil: hingga 0,3	30,0	23,0	4,4	10,0
0,31 - 0,6	23,0	16,0	4,0	7,8
Menengah: 0,61 - 0,9	18,8	12,0	3,7	6,3
0,91 - 1,2	15,8	9,7	3,2	5,3
Besar: 1,21 - 1,8	12,0	7,0	2,7	4,2
1,81 - 2,4	9,7	5,5	2,3	3,2

Gambar perencanaan untuk dinding batu bata

Catatan:

1. Lebar celah vertikal minimum:
15 mm untuk pergerakan + lebar celah = kl. 20 mm
2. Lebar celah horisontal minimum:
10 mm untuk pergerakan + lebar celah = kl. 25 mm

Gambar 4. Lokasi Tipikal Sambungan



Gambar 5. Letak Anyaman Kawat

Disarankan pula untuk menggunakan anyaman kawat atau plat strip selebar 5 cm (*narrow strip wire netting*) sepanjang dinding bagian atas, bagian bawah, dan sepanjang lintel.

Dari hasil percobaan di Bangkok, permukaan dinding yang terkena matahari cenderung mengalami keretakan lebih banyak. Oleh sebab itu, perhatian pada bagian dinding tersebut untuk mengurangi keretakan sangat diperlukan. Pengadaan elemen-elemen pembayang (*shade &*

shadow) misalnya: teritis, sirip-sirip tirai luar, tumbuh-tumbuhan yang lebar, dsb, sangat membantu.

Memang harus diakui, kita tidak dapat menghindari keretakan pada segala jenis tembok. Akan tetapi, dengan menerapkan disiplin pekerjaan dinding akan banyak membantu mengurangi retak.

DAFTAR PUSTAKA

1. AW Page, *Research Report: 'Cracking in Masonry Housing'*, Department of Civil Engineering and Surveying, The University of Newcastle, New South Wales, Australia, April 1993.
2. CP Sorensen and HE Tasker, *Cracking in Brick and Block Masonry*, Department of Housing and Construction Experimental Building Station, Technical Study No. 43, 2nd Edition, 1976.
3. Uwe Kramer, *'Assesment of Cracks at the AAC Experimental House in Nonthaburi-Bangkok'*, Hebel International, January 1996.
4. Zulkarnaen Aksa, *'Batako, A Lime Based Building Material'*, Ministry of Public Works and Electric Power, Directorate of Building Research & UN Regional Housing Center, Bandung.