

**PENGARUH PENAMBAHAN ALUMINIUM SLAG DAN LGA (LAWELE GRANULAR ASPHALT)
SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI AGREGAT HALUS PADA CAMPURAN BETON ASPAL LAPIS AUS
(AC-WC)**

Mohammad Fajar Kurniawan

S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

mohammadfajar.18034@mhs.unesa.ac.id

Ir. Yogie Risdianto, S.T., M.T.

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

yogierisdianto@unesa.ac.id

ABSTRAK

Jalan jenis lapis perkerasan lentur (*flexible pavements*) dengan memakai aspal minyak sebagai bahan pengikat, direncanakan mempunyai umur rencana perkerasan yaitu berkisar antara 5 tahun, 10 tahun, 15 tahun dan 20 tahun. Bertambahnya keperluan aspal dan agregat alam baik agregat kasar/agregat halus. Melonjaknya harga aspal minyak saat ini merujuk pada harga minyak dunia yang mencapai hingga lebih dari US\$75 per barel, hal ini mengakibatkan harga aspal minyak turut naik secara signifikan. Maka dari itu untuk mengurangi penggunaan aspal minyak dapat digunakan produk aspal Buton yaitu LGA (*Laweye Granular Asphalt*).

Penelitian ini membahas tentang pengaruh penambahan aluminium *slag* dan LGA (*Laweye Granular Asphalt*) pada campuran beton aspal lapis aus (AC-WC) dengan indikator dari karakteristik *marshall*. Riset ini dilaksanakan secara eksperimen di laboratorium menggunakan kadar aspal yaitu 4.6%; 5.1%; 5.6%; 6.1%; dan 6.6% untuk memperoleh nilai kadar aspal optimum, lalu disubstitusi dengan kadar LGA sebesar 5,2% dan penambahan aluminium *slag* sebesar 2% sebagai *filler*.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa campuran beton lapis aus (AC-WC) dan LGA sebagai substitusi agregat halus dengan kadar aspal optimum yaitu 6.6%, memperoleh nilai stabilitas sebesar 1077 kg dan *marshall quotient* sebesar 426.54 kg/mm. Pengaruh substitusi LGA dalam campuran AC-WC ditinjau dari karakteristik *marshall* tidak memenuhi persyaratan untuk nilai VIM.

Kata Kunci: AC-WC, *Laweye Granular Asphalt*, Aluminium *Slag*, parameter Marshall, *Flow*, Stabilitas.

ABSTRACT

Flexible pavements using asphalt as a binder are planned to have a pavement design life of 5 years, ten years, 15 years, and 20 years—the increasing need for asphalt and natural aggregate, both coarse aggregate and fine aggregate. The current increase in the price of oil asphalt stems from the rise in world oil prices to more than US\$70 per barrel. As a result, the price of oil asphalt products has also increased significantly. Therefore, to reduce oil asphalt, Buton asphalt products, namely LGA (Laweye Granular Asphalt), can be used.

This study discusses the effect of adding aluminum slag and LGA (Laweye Granular Asphalt) to the mix of wear-coated asphalt concrete (AC-WC) with the parameters of marshall characteristics. The study was carried out experimentally in the laboratory with asphalt content, namely 4.6%, 5.1%, 5.6%, 6.1%, and 6.6% to find the optimum asphalt content value, then substituted with 2% LGA content and 2% aluminum slag addition. % as a filler.

The results of this study indicate that a mixture of worn concrete (AC-WC) and LGA as a substitute for fine aggregate with an optimum asphalt content of 6.6% obtained a stability value of 1077 kg and a marshall quotient of 426.54 kg/mm. The effect of LGA substitution in the AC-WC mixture regarding Marshall characteristics did not meet the specifications for VIM values.

Keywords: AC-WC, *Laweye Granular Asphalt*, Aluminum *Slag*, Marshall parameters, *Flow*, Stability.

PENDAHULUAN

Aspal digunakan sebagai pengikat untuk lapis perkerasan, dirancang untuk umur rencana perkerasan, ialah waktu dalam tahun dari dimulai pembukaan jalan untuk umum hingga dengan kebutuhan renovasi besar, dihitung 5, 10, 15, dan 20 tahun (Suprpto, 2004).

Kecelakaan lalu lintas akibat kerusakan jalan pada banyak tempat menimbulkan masalah yang merugikan semua pengguna jalan. Jalan yang rusak dipengaruhi oleh beban yang berulang. Pembebanan kendaraan yang sangat berat lewat belum dapat menimbulkan kerusakan jalan, namun jika terus berulang-ulang maka jalan akan rusak walaupun dilakukan pemeliharaan jalan setahun sekali. Jalan yang rusak juga dipengaruhi oleh pengaruh cuaca dan iklim, misalnya pada musim hujan yang berkepanjangan ketika air tetap berada di atas jalan sesudah hujan, yang juga bisa menimbulkan jalan berpotensi berlubang (Ayuningtyas, 2017).

Masalah lain yang dikemukakan oleh Sugiyanto (2008) yaitu bertambahnya permintaan aspal dan agregat alam, baik agregat kasar/halus, menyebabkan melonjaknya harga minyak aspal. Kesulitan yang ditimbulkan oleh kenaikan harga minyak dunia ini sebenarnya harus meningkatkan kesadaran untuk mencari solusi lain agar tidak terus menerus menggunakan produk aspal minyak impor. Masalah ini tidak terlalu rumit dikarenakan Indonesia sebenarnya mempunyai sumber daya alam untuk solusi produk aspal minyak adalah Aspal Buton. Kelebihan aspal buton dibandingkan dengan aspal minyak adalah memiliki stabilitas yang lebih baik, titik lembek lebih besar dari aspal minyak, dan ketahanan panas aspal yang tinggi, menyebabkan tidak mudah meleleh (Yogi, 2015).

Aspal merupakan bahan utama dari perkerasan jalan. Aspal menurut Saodang (2004:158) yaitu material alam dengan komposisi kimia yang berupa hidrokarbon merupakan hasil eksplorasi dengan berwarna hitam yang bersifat plastis sampai cair, serta tidak larut dalam asam encer dan alkali atau air, namun sebagian besar larut dalam *aether*, *chloroform*, dan CS₂ bensol. Menurut Suprpto (2004:11) aspal terdiri

dari *paraffin*, *neptene*, dan *aromatics* yang kemudian membentuk kelompok-kelompok yang diantaranya *Asphaltenese*, *Oil*, dan *Resins*.

LGA (*Laweye Granular Asphalt*)

Aspal Buton yang dipakai yaitu produk LGA (*Lawele Granular Asphalt*). Alasan digunakan produk ini karena merujuk pada penelitian yang sudah dilaksanakan oleh PT. Summitama Intinusa selaku produsen *asphalt additive*, LGA mempunyai angka penetrasi yang besar yaitu 60, yang sama dengan aspal minyak kebanyakan dalam campuran perkerasan lentur. Substitusi abu aluminium *slag* merupakan komposisi bahan yang berfungsi sebagai pengganti *filler*, dapat berupa hasil dari peleburan aluminium yang tak terpakai sebagai bahan pengisi pori-pori pada campuran aspal lapis beton.

Aluminium Slag

Aluminium *slag* adalah bahan limbah hasil peleburan logam aluminium yang berbentuk abu. Proses peleburan aluminium primer memperoleh limbah abu primer atau *dross* yang terkandung residu aluminium sebesar 20-45%.

Limbah aluminium slag yaitu jenis limbah berbahaya dan termasuk dalam kelas limbah B3. Berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) No. 101 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Beracun dan Berbahaya yang diterbitkan pada tahun 2014, pengolahan limbah B3 memerlukan penanganan berbeda dengan pengolahan limbah non B3.

METODE PENELITIAN

Jenis dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan uji eksperimen pada aspal beton lapis aus (AC-WC) dengan aspal Buton LGA (*Lawele Granular Asphalt*) sebagai bahan pengikat yang ditambahkan aspal pen 60/70, filler, dan agregat, seluruh kegiatan pengujian dikerjakan di Laboratorium Jalan dan Transportasi Universitas Negeri Surabaya. Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif karena penelitian ini ialah penelitian yang

spek tujuannya terstruktur, terencana, dan sistematis dari awal sampai terciptanya model penelitian.

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Jalan dan Transportasi Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya yang beralamat di Jl. Ketintang, Ketintang, Kec. Gayungan, Kota Surabaya, Jawa Timur.

Subjek Penelitian

Kajian ini dilakukan dengan penambahan LGA (Lawele Granular Asphalt) sebagai agregat, filler dan aspal 60/70 yang diharapkan dapat memberikan alternatif/solusi pemakaian bahan aspal minyak pada pekerjaan perkerasan jalan. Beton Aspal menggunakan Gradasi Agregat Campuran tipe agregat terbuka yang komponennya adalah agregat, filler aluminium slag, aspal dan LGA (Lawele Granular Asphalt) sebagai material membuat benda uji.

Teknik Pengumpulan Data

Material yang dipakai pada *mix design* tersebut terlebih dahulu dilakukan pengujian sifat-sifat sifis dari semua material, agregat kasar maupun agregat halus dan juga uji aspal 60/70, dengan cara pengujian yang berpedoman pada Standar Nasional Indonesia (SNI 06-2456, -2434, -2433, -2432, -2441 1991). Metode Marshall akan digunakan sebagai acuan untuk grading agregat campuran aspal dan spesifikasi Divisi VI Bina Marga tahun 2018 akan digunakan sebagai pedoman untuk membuat benda uji.

Pembuatan benda uji pertama-tama siapkan agregat dan aspal sebanding dengan banyaknya benda uji yang akan diproduksi, dan siapkan *mix design* sama dengan perhitungan gradasi aspal lapis beton dan aspal buton tipe LGA. Penyiapan sampel uji untuk menentukan kadar aspal optimal sebanyak 25 sampel untuk uji Marshall dengan lima macam kadar aspal yang masing-masing berbeda 0.5%, antara lain 4.6%; 5.1%; 5.6%; 6.1%; 6.6%.

Teknik Analisa Data

Bahan pengidentifikasi indikator *Marshall* yang sudah dikerjakan pada pengujian *Marshall* kemudian memperoleh angka berat benda uji, dial stabilitas, dan flow. Kemudian angka tersebut dihitung memakai rumus VIM, VMA, VFA, Stabilitas, Kelelahan, dan *Marshall Quotient* yang sesuai dengan AASHTO – T.245-97.

Pembuatan Benda Uji



Gambar 1. Flowchart pembuatan benda uji

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Fisis *Filler* (Aluminium *Slag*)

Hasil pengujian Aluminium *slag* yaitu meliputi berat jenis dan analisa ayakan. Tabel pengujian fisis *filler*/aluminium *slag* terlampir dibawah ini.

Tabel 1. Hasil pengujian fisis aluminium *slag*

No	Sifat Fisis	Satuan	Hasil	Persyaratan
1.	Berat Jenis	gr/cm ³	2,770	-
2.	Lolos Saringan No.200	mm	100	Min. 75%

(Sumber: Data Penelitian, 2022)

Pengujian Fisis Aspal

Pengujian ini digunakan produk aspal dari Shell dengan penetrasi 60/70. Kemudian diperoleh hasil pengujian fisis aspal yaitu meliputi titik lembek berat jenis, daktilitas, dan penetrasi.

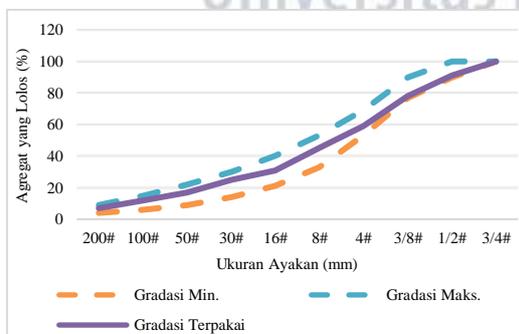
Tabel 2. Hasil pengujian fisis aspal

No	Sifat Fisis	Satuan	Hasil	Persyaratan
1.	Berat Jenis	gr/cm ³	1,036	Min. 1,0
2.	Penetrasi	mm	63	60-70
3.	Titik Lembek	°C	52,3	Min. 48
4.	Daktilitas	cm	140	Min.100

(Sumber: Data Penelitian, 2022)

Pemeriksaan Gradasi Ayakan

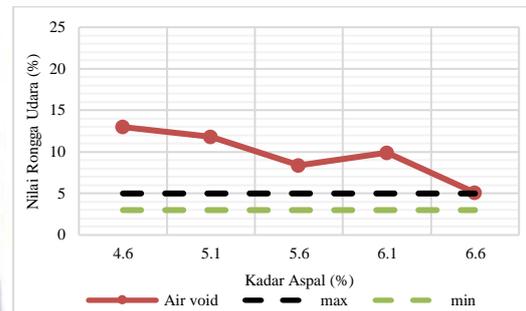
Pengujian gradasi ayakan dilakukan menggunakan analisa ayakan yang sesuai untuk *mix design* beton aspal lapis aus (AC-WC). Tabel dan grafik gradasi gabungan sesuai spesifikasi umum Bina Marga 2018 Revisi 2 terlampir dibawah ini.



Gambar 2. Grafik Gradasi Ayakan

Tinjauan Variasi Kadar Aspal terhadap Nilai VIM (Rongga Udara)

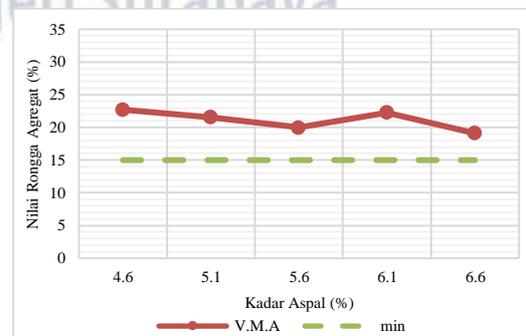
Pengujian VIM atau Void in Mix adalah untuk mengetahui volume pori yang tertinggal sesudah pemadatan *mix design* aspal berpori, yang diperlukan di area di mana butiran agregat dipindahkan karena pemadatan tambahan akibat beban lalu lintas yang berulang, atau di mana aspal melunak akibat peningkatan suhu temperatur. Gambar 3 memaparkan hasil pengujian VIM dengan variasi kadar aspal yang tidak memasuki persyaratan.



Gambar 3. Hasil Nilai VIM terhadap Kadar Aspal

Tinjauan Variasi Kadar Aspal terhadap Nilai VMA (Rongga Agregat)

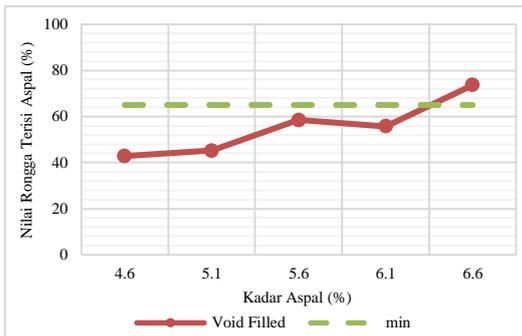
Pengujian VMA atau *Void Mineral Aggregate* adalah volume pori pada butiran agregat yang tercampur beton aspal, diantaranya yang berisi aspal, sehingga angka VIM yang dihasilkan mempengaruhi angka VMA. Gambar 4 memaparkan hasil yang homogen dengan nilai VIM, semakin besar kadar aspal maka angka VMA semakin rendah, namun semua variasi kadar aspal memenuhi persyaratan yaitu minimal 15%.



Gambar 4. Hasil Nilai VMA terhadap Kadar Aspal

Tinjauan Variasi Kadar Aspal terhadap Nilai VFA (Rongga Terisi Aspal)

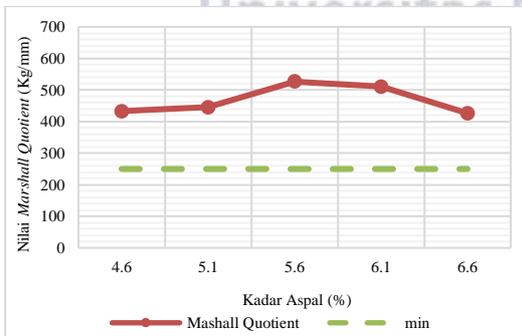
Pengujian VFA atau *Volume of voids Filled with Asphalt* ialah volume pori aspal berpori yang berisi aspal. Gambar 5 memaparkan *mix design* dengan kadar aspal 4,6 sampai 6,1 mengalami penurunan nilai VFA dan tidak memenuhi standar yang dipersyaratkan dengan syarat minimal 65%. Hanya kadar aspal 6,6 yang memenuhi standar persyaratan.



Gambar 5. Hasil Nilai VFA terhadap Kadar Aspal

Tinjauan Variasi Kadar Aspal terhadap Nilai Marshall Quotient

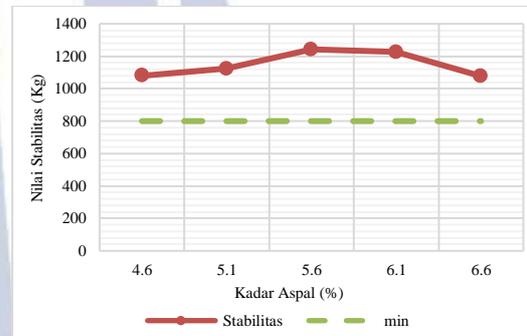
Hasil pengujian pada Gambar 6 memaparkan bahwa nilai MQ meningkat hingga kadar aspal 5,6% lalu pada kadar aspal yang lebih tinggi nilainya menjadi menurun. Seluruh variasi kadar aspal telah memenuhi persyaratan yaitu minimal 250 kg/mm. Nilai tertinggi MQ yaitu variasi kadar aspal 5,6% yang memperoleh nilai 526,47 kg/mm. Angka *Marshall Quotient* (MQ) ialah indeks kelenturan *mix design* yang berpotensi terjadi kerusakan jalan.



Gambar 6. Hasil Nilai MQ terhadap Kadar Aspal

Tinjauan Variasi Kadar Aspal terhadap Nilai Stabilitas

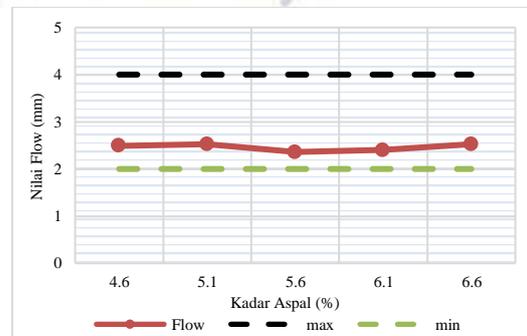
Hasil pengujian pada Gambar 7 memaparkan bahwa *mix design* yang menggunakan variasi kadar aspal 4,6% - 6,6% mempunyai angka stabilitas yang tinggi dengan angka tertinggi sebesar 1242 kg, didapatkan dari *mix design* aspal beton dengan material aspal pen 60/70 memakai angka KAO 5,6% yang disubstitusi dengan kadar buton LGA sebesar 5,2%. Hasil pengujian yang diperoleh ini dikarenakan LGA mempunyai angka penetrasi sama dengan aspal minyak yang dipakai yaitu penetrasi 60/70, yang megakibatkan daya rekat pada agregat dalam campuran diperkuat, sehingga angka stabilitas menjadi besar.



Gambar 7. Hasil Nilai Stabilitas terhadap Kadar Aspal

Tinjauan Variasi Kadar Aspal terhadap Nilai Kelelahan (Flow)

Hasil pengujian pada gambar 8 ini memaparkan bahwa antara gradasi analisa ayakan yang direncanakan dan asbuton LGA yang disubstitusikan, memperoleh nilai *flow* yang konstan seiring bertambahnya kadar aspal.



Gambar 8. Hasil Nilai Kelelahan terhadap Kadar Aspal

Pengujian Marshall Variasi Kadar Aspal untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Hasil pengujian seperti pada Tabel 4 dengan menggunakan kadar aspal (4,6%, 5,1%, 5,6%, 6,1%, 6,6%) pada campuran beton aspal lapis aus, dengan gradasi ayakan yang telah direncanakan, didapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh dari penggabungan angka VIM, VMA, VFA, Stabilitas, *Flow* dan *Marshall Quotient* (MQ) yang memperoleh kadar aspal yang memenuhi persyaratan yaitu 6,6%, dapat dilihat pada Gambar 9.

VIM					
VMA					
VFA					
Stabilitas					
<i>Flow</i>					
Marshall Quotient					
	4,6	5,1	5,6	6,1	6,6

Gambar 9. Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

PENUTUP

Simpulan

Merujuk pada hasil pembahasan dan pengujian yang telah dilaksanakan, penulis mendapatkan simpulan sebagai berikut:

1. Campuran AC-WC substitusi LGA sebesar 5,2% dan *filler* aluminium *slag* sebesar 2% diperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO) yaitu 6,6%
2. Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium, campuran AC-WC dengan substitusi LGA memperoleh karakteristik stabilitas *Marshall* 1077 kg; kelelahan 2,5 mm; VIM 5,09; VMA 19,10; VFA 73,58; dan MQ 426,54 kg/mm.
3. Kadar aspal optimum (KAO) pada campuran AC-WC menunjukkan bahwa substitusi LGA mengurangi penggunaan aspal minyak, karena hasil pengujian ekstraksi pada LGA menunjukkan

bahwa LGA mengandung kadar aspal sebesar 19,8%.

Saran

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan tersebut, terdapat beberapa saran yang bisa diambil sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan peremajaan alat atau mesin penguji secara rutin dan berkala, agar alat dapat selalu memberikan hasil yang akurat.
2. Pencampuran agregat panas dengan aspal pada saat proses pembuatan benda uji perlu dilakukan secara homogen karena berpengaruh pada hasil pengujian *marshall* dan fisik benda uji.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO-T.245. (2008). *Standard Method of Test for Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixture Using Marshall Apparatus*. AASHTO.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2019). *Perancangan dan Pelaksanaan Campuran Beraspal Panas Bergradasi Menerus (Laston) menggunakan Slag*. Divisi 6 Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). *Spesifikasi Umum*. Divisi 6 Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Sugianto, Gito. (2018). *Kajian Karakteristik Campuran Hot Rolled Asphalt Akibat Penambahan Limbah Serbuk Ban Bekas*. Jurnal Teknik Sipil. Vol. 8 (2): hal. 91-104.
- Saodang, Hamirhan. (2005). *Perancangan Perkerasan Jalan Raya*. NOVA. Bandung.
- Suprpto. (2004). *Bahan dan Struktur Jalan Raya*. Biro Penerbit KMTS FT UGM. Yogyakarta.
- Diana Atministias. 2018. "Penggunaan *Laweye Granular Asphalt* (LGA) pada Pembuatan *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) Pen 60/70 dengan *Fly Ash* Sebagai *Filler*". Rekayasa Teknik Sipil 1, Nomor 1/rekat/18 (2018). Universitas Negeri Surabaya: Surabaya.

Ifitah Adnany, Yogie Risdianto. 2019. “Penggunaan Asbuton *Laweye Granular Asphalt* (LGA) dan *Buton Granular Asphalt* (BGA) pada Campuran Aspal Porus”. *Rekayasa Teknik Sipil* 2, Nomor 1 (2019). Universitas Negeri Surabaya: Surabaya.

Ayuningtyas Mukti. 2017. “Analisis Pengaruh Substitusi Asbuton LGA (*Laweye Granular Asphalt*) Pada Aspal Penetrasi 60/70 Terhadap Campuran Aspal Porus”. *Rekayasa Teknik Sipil* Vol 01, Nomor 01 (2017). Universitas Negeri Surabaya: Surabaya.

