

PEMBATAS PEMAKAIAN PULSA TELEPON BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89C51

**Untuk Memenuhi Syarat
Guna Mencapai Gelar Ke-Sarjanaan**

Oleh :

**Nama : FIRMAN CHRISMANTO
NIM : 01498 - 032**

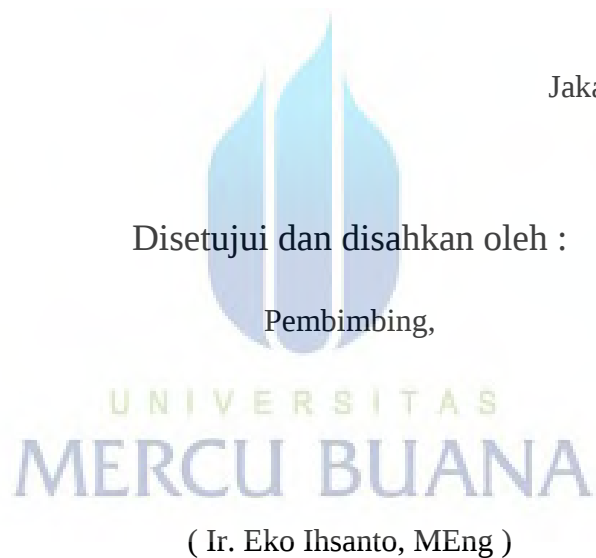


**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2006**

LEMBAR PENGESAHAN

Nama : Firman Chrismanto
NIM : 01498-032
Peminatan : Elektronika
Judul Tugas Akhir : Pembatas Pemakaian Pulsa Telepon
Berbasis Mikrokontroller AT89C51

Jakarta, 12 Februari 2006



Mengetahui,

Ketua Jurusan,

Koordinator Tugas Akhir,

(Ir. Budi Yanto Husodo, MSc)

(Yudhi Gunardi, ST, MT)

ABSTRAK

Sistem pengaturan pemakaian pulsa telepon ini dirancang untuk dapat membatasi dan mengetahui pemakaian pulsa telepon yang digunakan oleh setiap pemakai yang telah diberikan password terlebih dahulu. Setiap password yang diberikan sudah mempunyai jumlah pulsa tertentu dan telepon tidak dapat digunakan jika batas pulasanya sudah habis. Alat ini juga dirancang sebagai anti interlokal sehingga pulsa yang dihitung merupakan pulsa lokal. Alat pembatas pemakaian pulsa telepon ini merupakan alat tambahan pada telepon biasa.

Sistem ini dirancang dengan menggunakan mikrokontroler Atmel AT89C51 dan menggunakan program dengan bahasa rakitan (assembly) dari AT89C51 yang disimpan di dalam EPROM internal mikrokontroler tersebut untuk menjalankan seluruh proses di dalam sistem ini. Untuk menyimpan data pemakaian pulsa dari setiap pemakai juga disimpan di dalam memori internal mikrokontroler tersebut.



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRACT.....	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	3
1.3 Pembatasan Masalah	4
1.4 Metode Penulisan	4
1.5 Sistematika Penulisan	5
 BAB II TEORI PENDUKUNG	 7
2.1 Sistem Telepon	7
2.1.1 Prinsip Dasar Kerja Telepon	7
2.1.2 Karakteristik Saluran Telepon	8
2.1.3 Sistem Panggil Dari Telepon	10
2.2 Mikrokontroller	11
2.2.1 Central Processing Unit (CPU)	13
2.2.2 Bus Alamat	13
2.2.3 Bus Data	14

2.2.4	Bus Kontrol	14
2.2.6	Memori	14
2.2.6	RAM (Random Access Memory)	14
2.2.7	ROM (Read Only Memory)	15
2.2.8	Arsitektur Mikrokontroller AT89C51	16
2.2.9	Fungsi-fungsi Pin Mikrokontroller AT89C51	17
2.2.10	Organisasi Memori	20
2.2.11	SFR (Special Function Register)	23
2.2.12	Struktur Port	27
2.2.12.1	Port 0	27
2.2.12.2	Port 1	28
2.2.12.3	Port 2	28
2.2.12.4	Port 3	28
2.2.13	Metode Pengalamatan (addressing mode)	29
2.3	Simpal Pengunci Fasa (Phase Locked Loop)	31
2.3.1	Komponen Dasar PLL	31
2.3.2	Cara Kerja PLL	32
2.4	Opto Isolator	33
2.5	Liquid Crystal Display (LCD)	33
BAB III PERANCANGAN ALAT		35
3.1	Perangkat Keras	35
3.1.1	Diagram Blok Sistem	35
3.1.2	Dekoder Sinyal DTMF (DTMF Decoder)	37
3.1.3	Pendeteksi Nada Dering Masuk (Ring In Detector)	38
3.1.4	Pendeteksi Nada Dering Kembali (Ring Back Detector)	39
3.1.5	Pendeteksi Hook (Hook Detector)	40
3.1.6	Pengontrol Saluran Telepon	41
3.2	Perancangan Perangkat Lunak	42
3.2.1	Diagram Alir Program Utama	42
3.2.2	Diagram Alir Sub Program Supervisor	45

BAB IV PENGUJIAN ALAT.....	47
4.1 Pengujian Pendeteksi Nada Dering Masuk	47
4.2 Pengujian Pendeteksi Nada Dering Kembali	48
4.3 Pengujian Rangkaian Dekoder Sinyal DTMF.....	49
4.4 Pengujian Pendeteksi Hook	51
4.5 Pengujian Rangkaian Kontrol Saluran Telepon.....	52
4.6 Pengujian Liquid Crystal Display	53
4.7 Pengujian Rangkaian Keseluruhan	54
 BAB V KESIMPULAN	 57
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Fungsi lain Port 3	29
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Pendeteksi Nada Dering Masuk	48
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Sinyal DTMF	50
Tabel 4.3	Data Tampilan LCD	53



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bentuk Sinyal <i>On-hook</i> dan <i>Off-hook</i>	8
Gambar 2.2	Sinyal Ringing	9
Gambar 2.3	Pasangan Nada DTMF	10
Gambar 2.4	Arsitektur Internal Mikrokontroler AT89C51	17
Gambar 2.5	Konfigurasi Pin Mikrokontroler AT89C51	17
Gambar 2.6	Contoh koneksi kristal untuk clock	18
Gambar 2.7	Peta Memory Internal Pada Intel 8051	21
Gambar 2.8	Peta RAM internal 8051	22
Gambar 2.9	Peta SFR (Special Function Register)	25
Gambar 2.10	Optoisolator 4N25	33
Gambar 2.11	Rangkaian Liquid Crystal Display (LCD)	33
Gambar 3.1	Blok Diagram Sistem	35
Gambar 3.2	Rangkaian Dekoder Sinyal DTMF	37
Gambar 3.3	Rangkaian Ring In Detector	39
Gambar 3.4	Rangkaian Ring Back Detector	39
Gambar 3.5	Rangkaian Pendeteksi Hook	40
Gambar 3.6	Rangkaian Pengontrol Saluran Telepon	41
Gambar 3.7	Diagram Alir Program Utama	43
Gambar 3.8	Lanjutan Diagram Alir Program Utama	44
Gambar 3.9	Diagram Alir Sub Program Supervisor	46
Gambar 4.1	Pengujian Rangkaian Pendeteksi Nada Dering Masuk	47

Gambar 4.2	Pengujian Pendeteksi Nada Dering Kembali	48
Gambar 4.3	Pengujian Rangkaian Dekoder Sinyal DTMF	49
Gambar 4.4	Pengujian Pendeteksi Hook	51
Gambar 4.5	Pengujian Rangkaian Pengontrol Saluran Telepon	52



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam era globalisasi saat ini, setiap manusia dituntut untuk selalu mengikuti setiap perkembangan zaman yang terjadi di sekelilingnya agar tidak tertinggal dari yang lainnya atau bahkan terhilang karena tidak menyesuaikan dirinya dengan perkembangan yang ada. Oleh karenanya, manusia membutuhkan suatu sarana komunikasi yang cepat, praktis dan efisien. Salah satu sarana komunikasi tersebut adalah sistem telepon.

Telepon merupakan alat telekomunikasi yang sangat dibutuhkan saat ini. Telekomunikasi sendiri mempunyai arti komunikasi jarak jauh. Dapat dikatakan telepon sudah merupakan kebutuhan utama bagi masyarakat yang sudah semakin modern saat ini. Perkembangan teknologi telekomunikasi yang cepat menjadikan pencarian, pertukaran, dan penyebaran informasi bukanlah hal yang sulit lagi untuk dilakukan.

Dengan menggunakan telepon, dua orang atau lebih yang berada di tempat yang berbeda dapat melakukan komunikasi tanpa harus mengadakan pertemuan di satu tempat ataupun harus bergantian satu dengan yang lainnya bila ingin berbicara. Hal tersebut disebabkan karena telepon merupakan alat telekomunikasi dua arah yang artinya dua orang atau lebih yang melakukan percakapan dapat saling berbicara secara bersamaan. Telepon juga relatif dapat menjangkau daerah yang sangat luas sehingga memungkinkan orang yang berada di belahan dunia yang berbeda sekalipun juga dapat melakukan komunikasi melalui telepon

tersebut. Dengan berbagai keunggulan tersebut menjadikan penggunaan telepon sudah sangat luas dan pesat. Selain itu juga telepon sudah merupakan salah satu kebutuhan vital yang digunakan mulai dari kalangan usaha sampai ke rumah-rumah. Hal ini dapat dilihat dari semakin meningkatnya jumlah permintaan sambungan baru telepon.

Dalam pemakaian telepon, kadang-kadang timbul suatu permasalahan, misalnya pada saat pembayaran rekening telepon yang mana dirasakan jumlah yang dibayarkan lebih tinggi dari yang diperkirakan. Hal ini dapat terjadi karena pemakai telepon tidak dapat mengingat seberapa lama dan seringnya telepon tersebut digunakan. Selain itu, pemakai telepon juga seringkali lupa seberapa banyak telah melakukan panggilan jarak jauh seperti hubungan internasional (SLI) atau hubungan jarak jauh (SLJJ).

Permasalahan-permasalahan tersebut di atas dapat diatasi dengan cara penelepon melakukan pencatatan setiap kali telepon digunakan. Akan tetapi cara tersebut tidaklah efisien dan ketepatan pencatatannya pun tidak terjamin.

Untuk mengatasi masalah-masalah tersebut di atas maka perlu diciptakan suatu alat yang dapat melakukan pengendalian atas pemakaian telepon. Oleh karenanya penulis mencoba membuat alat yang dapat melakukan hal tersebut dimana alat yang dibuat akan membatasi pemakaian telepon yang ada. Pesawat telepon dapat digunakan untuk panggilan ke luar hanya oleh orang yang memiliki password untuk penggunaan pesawat telepon tersebut yang telah diberikan sebelumnya. Dan setiap pemakai diberikan batasan (*limit*) waktu penggunaan telepon. Selain itu, alat ini juga akan memproteksi pesawat telepon untuk

penggunaan sambungan internasional, sambungan ke telepon selular dan juga sambungan interlokal.

Jadi alat ini tidak akan mengganggu hubungan telepon untuk tetap dapat menerima panggilan telepon dari luar karena siapa saja dapat menggunakan pesawat telepon untuk menerima panggilan dari luar tanpa harus memasukkan *password*. Sedangkan untuk panggilan ke luar barulah diperlukan *password* untuk penggunaannya sehingga hanya orang-orang tertentu saja yang dapat menggunakannya. Selain itu alat ini juga menyebabkan pesawat telepon tidak dapat digunakan untuk sambungan telepon ke nomor-nomor yang diawali oleh angka 0 (nol) yang mana biayanya sudah pasti lebih mahal dari sambungan lokal biasa. Atau dengan kata lain alat ini juga berfungsi sebagai anti interlokal.

1.2 Tujuan

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah membuat sebuah alat yang dapat membatasi jumlah pemakaian pulsa telepon dimana setiap orang yang memiliki akses untuk menggunakan telepon dengan *password* yang telah diberikan sebelumnya, telah ditentukan batas pemakaian pulsanya. Dengan demikian pemakaian pulsa telepon dalam satu bulan dapat dibatasi dan diketahui. Sedangkan pemakai yang tidak mempunyai *password* tidak dapat melakukan percakapan keluar melalui telepon tersebut. Untuk itu kepada pemakai yang berhak diberikan *password* yang saling berbeda antara satu pemakai dengan pemakai yang lainnya dan dibatasi waktu penggunaannya.

Alat ini dirancang sedemikian rupa sehingga praktis penggunaannya oleh masing-masing pengguna telepon dan mudah dipasangkan pada pesawat telepon tanpa membutuhkan perangkat tambahan seperti komputer.

1.3 Pembatasan Masalah

Rangkaian yang direalisasikan dalam tugas akhir ini hanya dapat bekerja dengan pesawat telepon jenis tekan (*tone*) dan hanya dapat menggunakan satu saluran telepon keluar.

Satu pulsa telepon yang digunakan berlaku untuk jangka waktu 30 detik dalam berbagai keadaan yang diatur oleh *timer* internal dari mikrokontroller.

Sistem pengatur pemakaian pulsa telepon ini hanya dapat digunakan untuk melakukan hubungan lokal. Sehingga perhitungan pulsanya merupakan pulsa lokal saja.

1.4 Metode Penulisan

Dalam penulisan tugas akhir ini ditempuh dengan metode sebagai berikut :

- a. Metode Literatur, yakni mencari dan mengumpulkan data-data / informasi yang berhubungan dengan topik atau materi yang akan dibahas melalui studi pustaka dengan mempelajari buku-buku teoritis, diktat kuliah serta berbagai literatur yang berkaitan dengan topik atau materi yang dibahas.
- b. Metode penelitian, terdiri dari :

- Metode Pengamatan, dilakukan dengan cara mengamati langkah demi langkah yang dikerjakan dalam pembuatan alat dan pengujian alat yang telah terealisasi.
- Metode kajian pustaka, yaitu melalui referensi-referensi baik yang ada dipustaka kampus maupun yang ada di internet.

1.5 Sistematika Pembahasan

Penulisan buku tugas akhir ini dibagi dalam 5 (lima) bab. Garis besar isi dari masing-masing bab adalah sebagai berikut:

Bab I. Pendahuluan

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang, tujuan, pembatasan masalah, metode penulisan dan sistematika pembahasan dalam buku tugas akhir yang dibuat.

Bab II. Teori Pendukung

Bab ini berisi teori pendukung yang digunakan sebagai landasan pembuatan tugas akhir ini. Dalam bab ini akan dibahas mengenai sistem telepon, mikrokontroler Atmel AT89C51, *Phase Locked Loop*, Optoisolator, dan LCD (liquid Crystal Displays).

Bab III. Perancangan Alat

Bab ini akan menguraikan mengenai perancangan perangkat keras yang digunakan beserta diagram bloknya dan gambar rangkaian setiap bagian. Pembahasan tentang fungsi dan cara kerja dari masing-masing bagian dari blok

diagram yang direalisasikan serta diagram alir dari perangkat lunak (program) yang dirancang akan diuraikan secara lengkap.

Bab IV. Pengujian Alat

Bab ini akan menyajikan cara pengujian alat serta hasil pengujian yang diperoleh. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian terhadap rangkaian setiap bagiannya dan pengujian rangkaian secara keseluruhan.

Bab V. Kesimpulan dan Saran

Bab ini merupakan kesimpulan dan saran-saran dari perancangan dan pengujian mengenai tugas akhir yang dibuat.

Dalam buku tugas akhir ini disertakan pula daftar pustaka dan beberapa lampiran berupa gambar rangkaian lengkap alat yang dibuat dan lembar data beberapa komponen yang digunakan.



BAB II

TEORI PENDUKUNG

Beberapa teori pendukung yang digunakan dalam merealisasikan tugas akhir yang dibuat, akan dibahas dalam bab ini.

2.1 Sistem Telepon

2.1.1 Prinsip Dasar Kerja Telepon

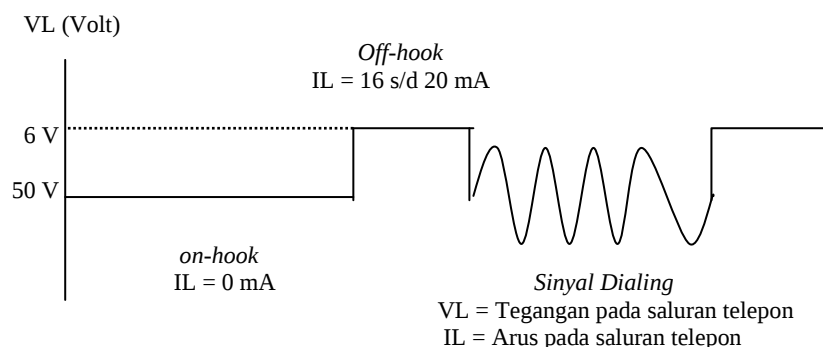
Sebuah telepon lengkap berisi rangkaian pemanggil (*dialing circuit*), rangkaian bel (*ringing circuit*), dan rangkaian bicara (*speech circuit*). Pada dasarnya prinsip kerja telepon adalah sebagai berikut:

- Bila gagang telepon (*hand set*) diangkat dan sebelumnya pesawat telepon tidak menerima nada dering (*ring*) maka sentral telepon akan menganggap adanya permintaan sambungan. Sentral telepon kemudian akan mengirimkan nada *dial tone* kepada pesawat telepon tersebut, untuk menandakan pesawat telepon tersebut telah siap digunakan.
- Bila sudah mendengar nada *dial tone* maka pemakai dapat memasukkan nomor yang dituju dengan menekan tombol angka pada pesawat telepon atau memutar nomor pada sistem telepon putar.
- Setelah menerima nomor, sentral telepon akan mengirimkan nada dering balik (*ring back*) ke pesawat yang menelepon dan mengirimkan nada dering (*ringing tone*) ke pesawat yang dituju.

- Jika pesawat yang dituju sedang sibuk, yaitu sedang mengadakan hubungan dengan pesawat telepon lain, maka sentral telepon akan mengirimkan nada sibuk (*busy tone*) ke pemanggil selama waktu tertentu. Lewat dari selang waktu tersebut maka sentral telepon akan mengirimkan nada panjang ke si penelepon yang berarti permintaan harus diulang kembali.
- Bila pesawat yang dituju sedang tidak sibuk dan panggilan dijawab, maka kedua pesawat akan saling berhubungan sampai penelepon menutup teleponnya (memutuskan hubungan).
- Bila gagang telepon (*handset*) diangkat dan sebelumnya ada nada dering (*ring*) maka sentral telepon menganggap akan menjawab panggilan telepon dan sentral telepon langsung menghubungkan pesawat telepon tersebut ke pesawat telepon yang menelepon.

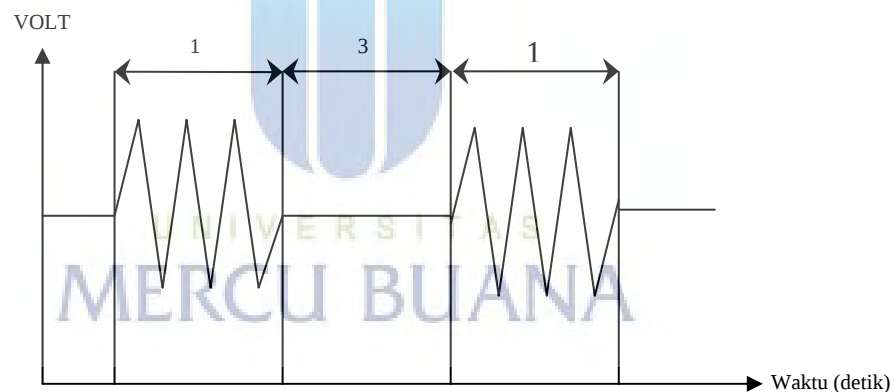
2.1.2 Karakteristik Saluran Telepon

Karakteristik dari saluran telepon harus dipahami agar alat yang dirancang kompatibel dengan saluran telepon yang ada. Dalam hal ini yang perlu diperhatikan adalah keadaan sinyal pada saluran untuk berbagai keadaan. Saluran telepon mempunyai karakteristik listrik tertentu antara lain:



Gambar 2.1 Bentuk Sinyal On-hook dan Offhook

- Pada keadaan gagang telepon diletakkan (*on hook*), arus yang mengalir adalah 0 mA dan tegangan saluran berkisar 50 Volt DC untuk saluran Telkom.
- Pada saat gagang telepon diangkat (*off hook*), arus yang mengalir sekitar 16 sampai 20 mA yang menyebabkan tegangan saluran akan turun sampai 6 – 8 Volt DC. Arus ini digunakan untuk mengaktifkan relay pada sentral telepon yang menandakan komunikasi akan dimulai.
- Pada saat pemanggilan no telepon, tegangan pada saluran sebesar 48 Volt dengan arus sebesar 18 mA.
- Pada saat sinyal ring masuk, tegangan mencapai 90 Volt RMS dengan frekuensi sebesar 20 Hz.



Gambar 2.2 Sinyal Ringing

- Pada saat pembicaraan arus pada saluran sebesar 3 mA. Tegangan pada suara yang diterima adalah antara 0,5 Volt sampai 1 Volt dan tegangan pada suara yang dikirim antara 1 Volt sampai 2 Volt.
- Impedansi saluran adalah sebesar 600Ω.

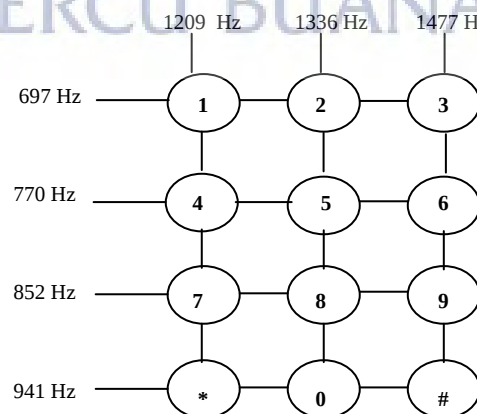
2.1.3 Sistem Panggil Dari Telepon

Saat ini terdapat 2 jenis sistem panggil yang biasa dipergunakan. Yang pertama kali berkembang adalah sistem pulsa, yaitu dengan membangkitkan pulsa-pulsa on off secara dekadik untuk mewakili angka yang diputar, misalnya 5 buah pulsa untuk angka 5 atau 9 buah pulsa untuk angka 9.

Sistem ini mempunyai beberapa kekurangan seperti:

1. Setiap angka memerlukan waktu dial berbeda – beda.
2. Sukar untuk diimplementasikan pada komputer maupun peralatan elektronika lainnya, karena diperlukan komponen elektromagnetis seperti relay.

Untuk mengatasi kekurangan-kekurangan itu maka dikembangkan sistem yang kedua yaitu yang menggunakan nada yang mewakili angka yang ditekan pada pesawat telepon. Sistem ini disebut *Dual Tone Multi Frequency* (DTMF) atau sistem multi frekuensi dimana tiap angka diwakili oleh dua buah nada yang frekuensinya unik.



Gambar 2.3 Pasangan Nada DTMF

Frekuensi yang dipakai terbagi dalam dua kelompok yaitu kelompok frekuensi tinggi (*high group*) dan kelompok frekuensi rendah (*low group*).

Frekuensi itu dikatakan unik karena dari kedua kelompok itu tidak ada nada yang merupakan penjumlahan atau selisih frekuensi nada yang lain. Keuntungan dari sistem DTMF ini antara lain:

- Tiap angka mempunyai waktu dial yang sama.
- Waktu dial yang diperlukan lebih cepat.
- Rangkaian pendeteksi dan pembangkit nada DTMF dapat dibuat dengan rangkaian elektronik.

2.2 Mikrokontroler

Sebuah komputer memiliki lima bagian utama yaitu: bagian – bagian masukan, memori, aritmetika dan logika, kendali (kontrol), dan keluaran. Masukan adalah bagian yang berfungsi untuk memasukkan program dan data ke dalam komputer. Memori adalah bagian yang berfungsi untuk menyimpan program dan data sebelum komputer mulai bekerja. Selain itu, memori juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara dari proses pengolahan program atau data selama komputer beroperasi. Bagian kendali merupakan pusat dari komputer. Dikatakan sebagai pusat dikarenakan berfungsi untuk mengarahkan operasi semua bagian yang lainnya. Aritmetika dan logika merupakan bagian yang melaksanakan operasi hitung dan membuat keputusan – keputusan logis. Bagian keluaran berfungsi untuk mengeluarkan jawaban dan data – data lain yang telah diproses ke “dunia luar”.

Prosesor atau mikroprosesor adalah suatu perangkat digital berupa Chip atau IC (Integrated Circuit) yang digunakan untuk memproses data biner. Alat ini berisi ALU (Arithmetic and Logic Unit), register-register, Control Unit dan sistem

interkoneksi atau BUS internal. Bila sebuah prosesor dilengkapi dengan memory (RAM & ROM) dan fasilitas Input/Output internal, biasanya disebut mikrokontroler. 8051 merupakan mikrokontroler buatan Intel corp yang merupakan bagian dari keluarga MCS-51. Semua fasilitas sebuah sistem mikroprosesor yang terdiri dari prosesor, memory dan I/O dikemas dalam keping tunggal atau single chip IC. Dengan cara ini, maka pengguna atau user tidak perlu melengkapi keping tunggal ini dengan beragam IC lain seperti *clock generator*, *addres latcher*, *chip selector*, *memory* dan *PPI (Programmable Peripheral Interface)* atau lainnya.

Variasi register di dalam sebuah mikroprosesor sangat beragam bergantung pada tipe, fungsi khusus yang diinginkan dan pabrik pembuatnya. Karena mikrokontroler telah dilengkapi dengan berbagai peripheral yang sudah terdapat pada satu chip IC maka mikrokontroler memiliki keunggulan berikut ini :

- a. Harga yang lebih ekonomis .
- b. Sistem yang jauh lebih kompak dan ringkas.
- c. Tingkat keamanan dan akurasi yang lebih baik.
- d. Kemudahan dalam penggunaannya untuk sistem yang berbasis mikrokontroler.

Berdasarkan perbedaan dalam aplikasi dan fasilitas, mikrokontroler mempunyai set instruksi (*Instruction Set*) yang berbeda dengan mikroprosesor lainnya. Set instruksi mikroprosesor tersebut bersifat *processing intensive* untuk operasi data volume besar, yang dapat beroperasi secara bit, nibble, byte atau word. Beragam mode pengalamatan (*addressing mode*) memungkinkan akses ke

lokasi dapat dilakukan secara fleksibel baik data array yang besar, memakai pointer alamat, offset dan lain-lain.

Di sisi lain mikrokontroler mempunyai instruksi yang berkaitan dengan kontrol dari Input dan Output. Antaramuka (*interfacing*) ke berbagai Input dan Output dapat dilakukan dengan operasi bit maupun byte.

2.2.1 Central Processing Unit (CPU)

CPU terdiri atas dua bagian, yaitu unit pengendali (control unit) serta unit aritmetika dan logika (ALU). Fungsi utama unit pengendali adalah mengambil, mengkodekan, dan melaksanakan urutan instruksi sebuah program yang tersimpan dalam memori.

Unit pengendali menghasilkan dan mengatur sinyal pengendali yang diperlukan untuk menyerempakkan operasi, aliran, dan instruksi program. Unit aritmetika dan logika berfungsi untuk melakukan proses perhitungan yang diperlukan selama program dijalankan serta mempertimbangkan suatu kondisi dan mengambil keputusan yang diperlukan untuk instruksi – instruksi berikutnya.

2.2.2 Bus Alamat

Bus alamat berfungsi sebagai sejumlah lintasan saluran pengalamatan antara alat dengan sebuah komputer. Pengalamatan ini harus ditentukan terlebih dahulu untuk menghindari terjadinya kesalahan pengiriman sebuah instruksi dan terjadinya bentrok antara dua buah alat yang bekerja secara bersamaan.

2.2.3 Bus Data

Bus data merupakan sejumlah lintasan saluran keluar – masuknya data dalam suatu mikrokontroler. Pada umumnya saluran data yang masuk sama dengan saluran data yang keluar.

2.2.4 Bus Kontrol

Bus kontrol atau bus pengendali ini berfungsi untuk menyerempakkan operasi mikrokontroler dengan operasi rangkaian luar.

2.2.5 Memori

Di dalam sebuah mikrokontroler terdapat suatu memori yang berfungsi untuk menyimpan data atau program. Ada beberapa jenis memori, di antaranya adalah RAM dan ROM. Ada beberapa tingkatan memori, di antaranya adalah register internal, memori utama, dan memori massal. Register internal adalah memori dalam ALU. Waktu akses register sangat cepat, umumnya kurang dari 100 ns.

Memori utama adalah memori yang ada pada suatu sistem. Waktu aksesnya lebih lambat dibandingkan register internal, yaitu antara 200 sampai 1.000 ns. Memori massal dipakai untuk penyimpanan berkapasitas tinggi, biasanya berbentuk disket, pita magnetik, atau kaset.

2.2.6 RAM (Random Access Memory)

RAM merupakan memori yang dapat dibaca dan ditulis. RAM biasanya digunakan untuk menyimpan data atau sering disebut dengan memori data saat program bekerja. Data yang ada pada RAM akan hilang bila catu daya dari RAM

dimatikan sehingga RAM hanya dapat digunakan untuk menyimpan data sementara.

Teknologi RAM dapat dibagi menjadi dua, yaitu statik dan dinamik. RAM dinamik tersusun oleh sel – sel yang menyimpan data sebagai muatan listrik pada kapasitor. Ada – tidaknya muatan yang ada pada kapasitor dijadikan acuan oleh RAM dinamik sebagai bilangan biner 1 dan 0. Oleh karena kapasitor memiliki kecenderungan alami untuk mengosongkan muatan, RAM dinamik memerlukan pengisian muatan secara periodik untuk memelihara penyimpanan data. Pada RAM statik, nilai biner disimpan menggunakan konfigurasi *gate* logika *flip – flop*. RAM statik akan menyimpan data selama aliran daya diberikan padanya.

2.2.7 ROM (Read Only Memory)

ROM merupakan memori yang hanya dapat dibaca. Data yang disimpan di ROM tidak akan hilang meskipun tegangan supply dimatikan. Dari sifatnya itu maka ROM sering dipakai untuk menyimpan program. Ada beberapa jenis ROM, diantaranya ROM, PROM, EPROM, dan EEPROM. ROM merupakan memori yang sudah diprogram oleh pabrik. PROM dapat diprogram oleh pemakai tapi hanya dapat ditulis sekali saja.

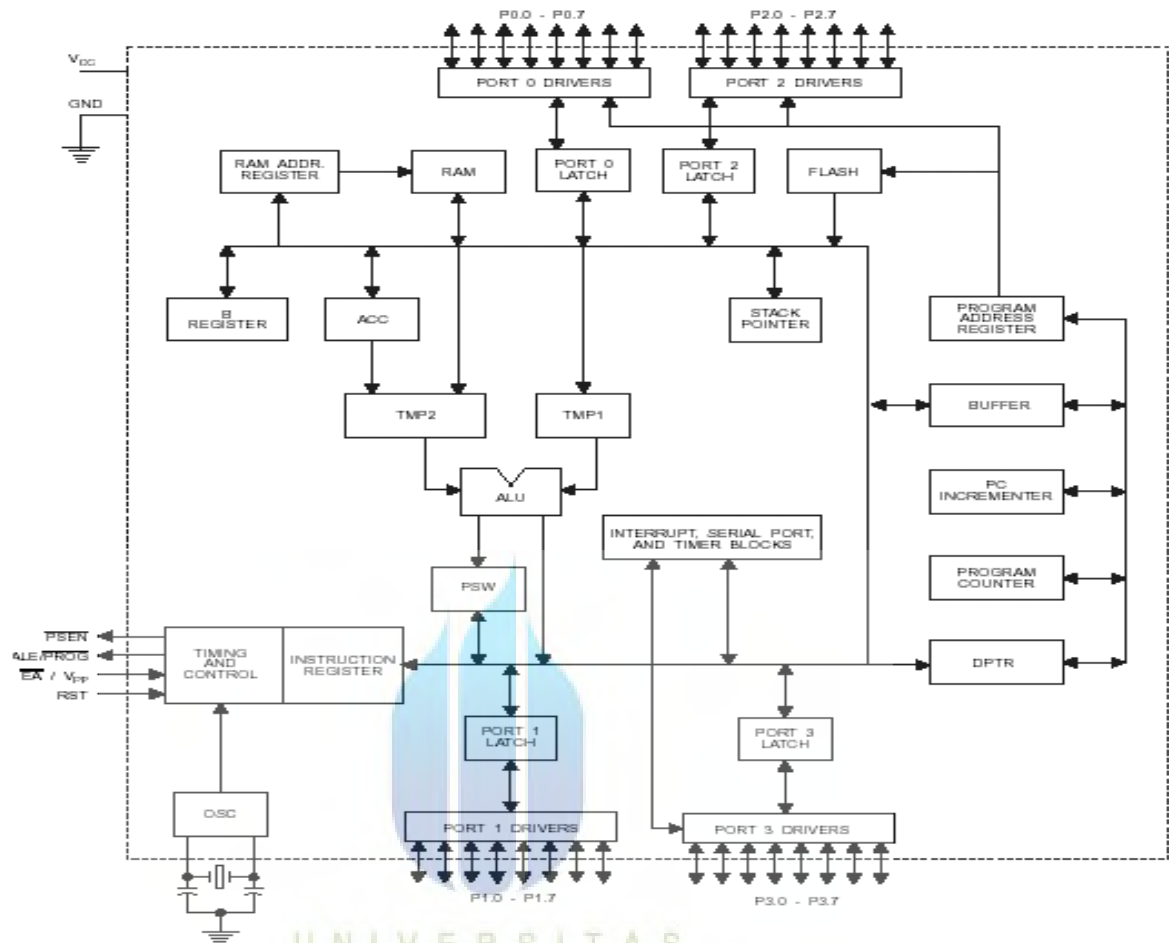
UV-EPROM merupakan PROM yang dapat diprogram atau ditulis beberapa kali dan dapat dihapus dengan sinar ultraviolet. Flash PEROM adalah PROM yang dapat ditulis ulang beberapa kali dan dapat dihapus secara elektrik atau dengan tegangan listrik. UV-EPROM harganya lebih mahal dari Flash PEROM, karena itu Flash PEROM lebih populer dan dinikmati programmer mikrokontroler.

2.2.8 Arsitektur Mikrokontroler AT89C51

AT89C51 merupakan prosesor 8-bit dengan *low power supply* dan performansi tinggi yang terdiri dari CMOS dengan *Flash Programmable dan Erasable Read Only Memory (PEROM)* sebesar 4 Kbyte didalamnya. Alat tersebut dibuat dengan menggunakan teknologi tinggi *non-volatile* berdensitas tinggi dari ATMEL yang kompatibel dengan keluarga MCS-51 buatan Intel yang merupakan standar industri. Dengan menggunakan *flash* memori, program dapat diisi dan dihapus secara elektrik, yaitu dengan memberikan kondisi-kondisi tertentu (*high / low*) pada pin-pinnya sesuai dengan konfigurasi untuk memprogram atau menghapus. Cara ini lebih praktis dibandingkan dengan menggunakan EPROM yang penghapusan program atau datanya menggunakan sinar ultraviolet.

Fasilitas yang tersedia pada AT89C51 antara lain :

- a. 4 Kbytes Flash EEROM dengan kemampuan sampai 1000 kali tulis-hapus
- b. 128 x 8-bit internal RAM.
- c. 32-bit atau jalur Input/Output.
- d. 2 (dua) buah 16-bit Timer / Counter.
- e. 6 (enam) buah sumber interupsi.
- f. Serial Communication Interface.
- g. Kompatibel dengan prosesor MCS-51 buatan Intel Corp.
- h. Operasi Klok antara 1 sampai 24 MHz.



Gambar 2.4 Arsitektur Internal Mikrokontroler AT89C51

2.2.9 Fungsi - fungsi Pin Mikrokontroler AT89C51

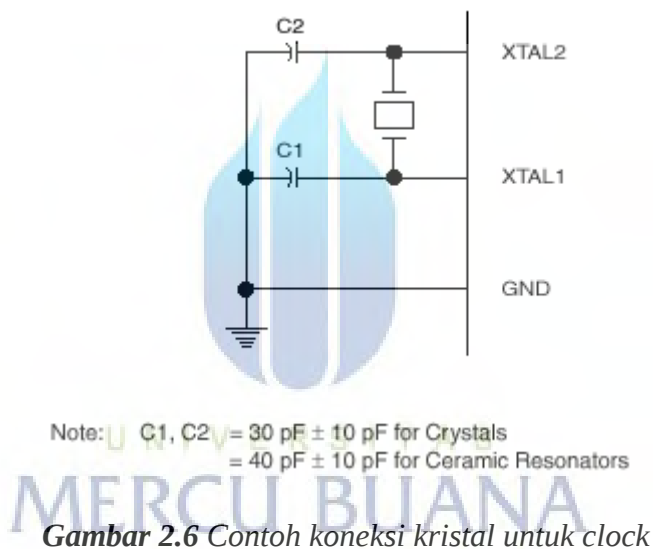
P1.0	1	40	VCC
P1.1	2	39	P0.0 (AD0)
P1.2	3	38	P0.1 (AD1)
P1.3	4	37	P0.2 (AD2)
P1.4	5	36	P0.3 (AD3)
P1.5	6	35	P0.4 (AD4)
P1.6	7	34	P0.5 (AD5)
P1.7	8	33	P0.6 (AD6)
RST	9	32	P0.7 (AD7)
(RXD) P3.0	10	31	$\overline{\text{EA}}/\text{VPP}$
(TXD) P3.1	11	30	ALE/PROG
(INT0) P3.2	12	29	PSEN
(INT1) P3.3	13	28	P2.7 (A15)
(T0) P3.4	14	27	P2.6 (A14)
(T1) P3.5	15	26	P2.5 (A13)
(WR) P3.6	16	25	P2.4 (A12)
(RD) P3.7	17	24	P2.3 (A11)
XTAL2	18	23	P2.2 (A10)
XTAL1	19	22	P2.1 (A9)
GND	20	21	P2.0 (A8)

Gambar 2.5 Konfigurasi Pin Mikrokontroler AT89C51

Pada gambar 2.5 dapat dilihat susunan pin atau kaki-kaki mikrokontroler AT89C51. Adapun keterangan dari masing-masing pin adalah sebagai berikut :

XTAL1, adalah kaki masukan ke rangkaian oscilator internal. Sebuah oscillator kristal atau sumber oscilator luar dapat digunakan.

XTAL2, adalah kaki keluaran dari rangkaian oscilator internal. Pin ini dipakai bila menggunakan oscilator kristal.



Gambar 2.3. memperlihatkan contoh koneksi pin XTAL2 dan XTAL1 untuk menghasilkan klok internal. Kristal yang digunakan berkisar antara 1 MHz sampai 24 MHz. Penggunaan klok pada sistem mikroprosesor mutlak diperlukan untuk sinkronisasi aktivitas seluruh komponen digital yang terlibat di dalamnya, makin cepat getaran klok, makin cepat pula proses yang dilakukan sistem tersebut. Karena sebuah siklus mesin (*machine cycle*) pada 8051 membutuhkan 12 klok, maka jika kita menggunakan kristal 12 MHz, 1 siklus mesin memakan waktu 1 μ s.

RST, Reset input.. Memberikan sinyal HIGH pada pin ini paling tidak selama 2 siklus mesin (sekitar 2 μ s untuk prosesor yang menggunakan kristal 12 MHz) akan me-reset mikrokontroler. Semua pin I/O akan high ketika reset diberi kondisi high

ALE / $\overline{PROG}$,

Sinyal HIGH diberikan oleh pin ini atau ALE (*Address Latch Enable*) ketika prosesor mengakses kode program (*fetch cycle*) dari memory eksternal. Pin ini disediakan karena 8 dari 16 pin Address dipakai bergantian dengan 8 pin Data. Pin ini disambungkan dengan sebuah Latch atau Buffer yang menahan sinyal address. Pada operasi normal ALE dikeluarkan secara konstan pada 1/6 frekuensi oscillator dan dapat dipakai untuk timing atau clocking eksternal.

Sedangkan $\overline{PROG}$ atau kondisi LOW yang diberikan terhadap pin ini diterapkan pada saat pengisian kode program ke dalam ROM internal.

$\overline{PSEN}$, *Program Strobe Enable* merupakan sinyal pengontrol yang membolehkan program memori eksternal masuk ke dalam bus selama proses pemberian / pengambilan instruksi (*fetching*). Pin ini biasanya dihubungkan dengan OE (output enable) pada Chip ROM eksternal.

$\overline{EA}$ / VPP,

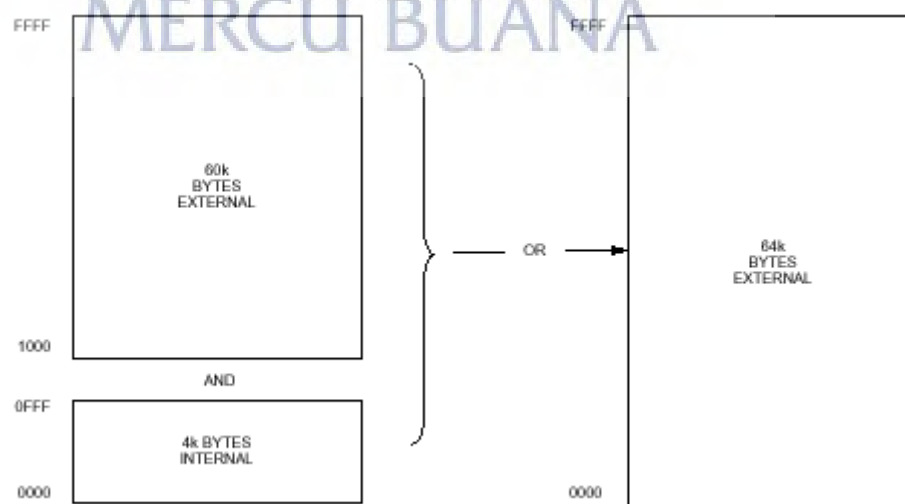
Pin $\overline{EA}$ ini harus dihubungkan ke ground jika kode program diletakkan pada memory eksternal. Sebaliknya harus disambungkan ke Vcc jika kode program diletakkan pada ROM internal.

AT89C51 memiliki memory internal, yaitu 128 byte RAM dan 4kbytes ROM, sehingga untuk menyimpan program yang ukurannya tidak melebihi 4kbyte tidak

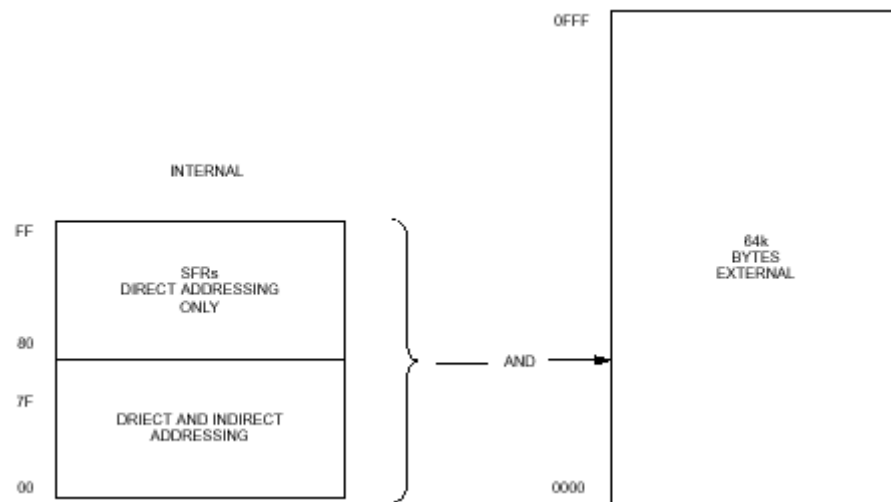
diperlukan lagi ROM eksternal. Dari 32-pin saluran I/O yang tersedia, 24 di antaranya digunakan untuk I/O paralel dan 8-bit sisanya berfungsi ganda, yaitu sebagai I/O paralel sekaligus untuk sinyal kontrol yaitu pin P3.0 sampai P3.7. Sinyal control tersebut adalah WR, RD, T0, T1, INT0, INT1 dan 2-bit saluran Input/Output serial yaitu RXD dan TXD.

2.2.10 Organisasi Memori

Mikrokontroler AT89C51 memiliki memory internal program yang terpisah dari memory internal data, ruang memory internal program memiliki kapasitas 4 kbyte flash EEROM, yaitu alamat 0000H sampai 0FFFH dalam bilangan heksadesimal atau alamat 0 sampai 4095 dalam bilangan desimal. Karena alamat terkait dengan jumlah pin address yang menggunakan sistem biner, maka biasanya angka alamat memory menggunakan bilangan biner atau heksadesimal, di mana setiap angka heksadesimal mewakili 4-bit angka biner.



(a). Memory Program.



(b). Memory Data.

Gambar 2.7 Peta Memory internal pada intel 8051

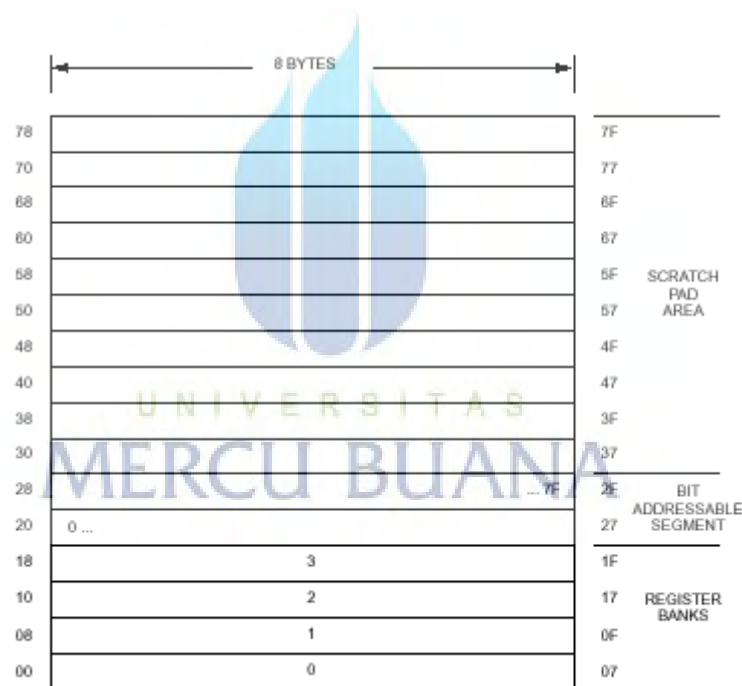
Gambar 2.4.a. memperlihatkan lokasi ROM internal. Lokasi ini dapat diakses jika pin $\overline{EA} = 1$ atau diberi tegangan Vcc. Jika ukuran program melampaui 4kbyte, maka harus digunakan ROM eksternal yang alamatnya antara 0000h sampai FFFFh atau 64kbyte dan pin $\overline{EA} = 0$ atau dihubungkan dengan ground. Jika digunakan EPROM eksternal, maka alamat memory program sama dengan alamat memory data, dengan kata lain alamat 64 kbyte dipakai bersama oleh program dan data.

Seperti telah disebutkan di atas, AT89C51 dapat membedakan alamat memory hingga 64 kbyte, pengaksesan data ke memori data eksternal dilakukan dengan menggunakan data pointer melalui instruksi “MOVX”.

Di samping dapat mengakses RAM eksternal, mikrokontroler AT89C51 memiliki RAM internal yang pengaksesannya terpisah dengan RAM eksternal. RAM internal berkapasitas 128 byte ditambah sejumlah SFR (*Special Function Register*). Gambar 2.4.b. kiri memperlihatkan RAM internal dan SFR. Kelompok

RAM internal memiliki alamat antara 00 – 7FH sedangkan kelompok SFR (*Special Function Register*) memiliki alamat antara 80H – FFH. RAM internal dapat diakses secara langsung (*direct addressing*) maupun tak langsung (*indirect addressing*) melalui RO dan R1. Sedangkan SFR hanya dapat diakses secara langsung dengan menyebutkan nama lokasinya, bukan nomor lokasinya, misalnya ACC, B, P0, P1 dst.

128 byte RAM internal yang terletak antara 00 – 7FH terbagi atas 3 (tiga) bagian yaitu :



Gambar 2.8 Peta RAM internal 8051

- Kelompok Register Bank. Berupa 32 byte atau 32 register yang terletak antara 00h sampai 1Fh. Bagian ini dipecah menjadi 4 register bank yang masing-masing terdiri dari 8 register yang diberi nama R0 sampai R7. Masing-masing register dapat dialamatkan dengan nama ataupun dengan alamat RAM-nya. Bit

RS0 dan RS1 pada register PSW di SFR menentukan bank mana yang sedang digunakan. Misalnya jika RS0 dan RS1 bernilai 00, maka R2 menempati lokasi 02H pada register bank pertama, tetapi jika RS0 dan RS1 bernilai 10, maka R2 menempati lokasi 12H pada register bank ketiga.

- b. Daerah pengalamatan bit (*bit addressable*) yang terdiri dari 16 byte atau 16 register dengan alamat antara 20h sampai 2Fh. Setiap bit pada areal ini dapat diakses secara terpisah tanpa mengganggu bit lainnya. Pengalamatan byte dapat menggunakan alamat register antara 20h sampai 2Fh, sedangkan pengalamatan bit dapat dilakukan dengan menuliskan titik setelah alamat registernya, misal 20H.7 untuk bit MSB pada register 20H.
- c. Daerah register penggunaan umum (Scratch Pad Area) yang terletak di bagian atas RAM internal, yaitu alamat 30h sampai 7FH. Biasanya *Stack* diletakkan di area ini.

2.2.11 SFR (Special Function Register)

Di dalam setiap operasinya mikrokontroler harus selalu menyertakan register sebagai salah satu operand atau tempat data yang akan dilibatkan dalam operasi tsb. Register adalah memori kecil berukuran 1 atau 2 byte, 8-bit atau 16-bit.

Register akan menampung data sebelum diolah, register juga akan menampung data hasil olahan sementara sebelum dikembalikan atau dikirim ke BUS internal atau eksternal. Selain itu, register juga digunakan untuk mengendalikan operasi I/O device, seperti paralel I/O, serial communication, Timer dan Interrupt. Gambar 2.9. memperlihatkan peta SFR.

Register-register yang ada di mikrokontroler adalah sebagai berikut:

- a. Register A, disebut juga sebagai akumulator (SFR alamat E0h) yaitu tempat akumulasi proses olah data.
- b. Register B, disebut juga Base Register (SFR alamat F0h). Register ini jarang dipakai karena hanya dipakai untuk operasi perkalian dan pembagian saja.
- c. Register R0 s/d R7 (tidak terletak dalam SFR). Merupakan Register serbaguna yang boleh dipakai untuk apa saja. Khusus untuk register R0 dan R1 dapat digunakan juga untuk operasi pengalamatan tak langsung (*indirect addressing*).
- d. Register DPTR, merupakan satu-satunya register 16-bit yang ada pada mikrokontroler keluarga MCS51. Register ini mempunyai fungsi serbaguna seperti halnya register R0 s/d R7, dan dapat juga untuk menyimpan alamat memory eksternal bagi mode pengalamatan tak langsung. Register ini dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu register DPL dan register DPH. Register DPL adalah *byte* bawah dari DPTR yaitu bit ke-0 s/d bit ke-7, sedangkan register DPH adalah *byte* atas dari DPTR yaitu bit ke-8 s/d bit ke-15.
- e. PSW (*Program Status Word*) atau *flag register*, SFR alamat D0H, merupakan register yang berisi data-data kondisi mikrokontroler setelah suatu operasi selesai dijalankan. Register ini memiliki bit ke-3 dan bit ke-4 digunakan untuk pemilihan register bank.

Table 1. 80C51 Special Function Registers

SYMBOL	DESCRIPTION	DIRECT ADDRESS	BIT ADDRESS, SYMBOL, OR ALTERNATIVE PORT FUNCTION								RESET VALUE
			MSB								LSB
ACC*	Accumulator	E0H	E7	E6	E5	E4	E3	E2	E1	E0	00H
B*	B register	F0H	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	F0	00H
DPTR	Data pointer (2 bytes)										
DPH	Data pointer high	83H									00H
DPL	Data pointer low	82H									00H
IE*	Interrupt enable	A8H	AF	AE	AD	AC	AB	AA	A9	A8	0x000000B
			EA	—	—	ES	ET1	EX1	ET0	EX0	
			BF	BE	BD	BC	BB	BA	B9	B8	
IP*	Interrupt priority	B8H	—	—	—	PS	PT1	PX1	PT0	PX0	xx000000B
P0*	Port 0	80H	87	86	85	84	83	82	81	80	FFH
			AD7	AD6	AD5	AD4	AD3	AD2	AD1	AD0	
P1*	Port 1	90H	97	96	95	94	93	92	91	90	FFH
			—	—	—	—	—	—	T2EX	T2	
P2*	Port 2	A0H	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	FFH
			A15	A14	A13	A12	A11	A10	A9	A8	
P3*	Port 3	B0H	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	FFH
			RD	WR	T1	T0	INTT	INT0	TxD	RxD	
PCON ¹	Power control	87H	SMOD	—	—	—	GF1	GF0	PD	IDL	0xxxxxxxB
PSW*	Program status word	D0H	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	00H
			CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	—	P	
SBUF	Serial data buffer	99H									xxxxxxxxB
SCON*	Serial controller	98H	9F	9E	9D	9C	9B	9A	99	98	00H
			SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	T1	RI	
SP	Stack pointer	81H									07H
TCON*	Timer control	88H	8F	8E	8D	8C	8B	8A	89	88	00H
			TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0	
TH0	Timer high 0	8CH									00H
TH1	Timer high 1	8DH									00H
TL0	Timer low 0	8AH									00H
TL1	Timer low 1	8BH									00H
TMOD	Timer mode	89H	GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0	00H

NOTES:

* Bit addressable

1. Bits GF1, GF0, PD, and IDL of the PCON register are not implemented on the NMOS 8051/8031.

Gambar 2.9 Peta SFR (Special Function Register)

- f. Register Port, terdiri dari 4 (empat) yaitu P0, P1, P2, dan P3. Register port berisi data-data yang akan dikirim keluar dan data-data yang telah dibaca dari luar. Setiap bit pada register port terkait langsung dengan kondisi pin

tertentu, misalnya jika bit pada P1.5 diberi nilai biner “1”, maka pin yang terkait dengannya, yaitu pin nomor 6 (lihat gambar 2.2.) akan berkeadaan HIGH atau tegangan 5 volt. Jika pin 6 ini disambungkan ke sebuah LED, maka LED akan menyala. Sebaliknya, jika pin 6 tsb disambungkan ke sebuah sensor dan sensor tsb dalam keadaan HIGH, maka P1.5 akan bernilai “1”. Pada kasus LED, pin P1.5. berfungsi sebagai pin output, sedangkan pada kasus sensor, pin tsb berfungsi sebagai input bagi prosesor.

- g. SP (*Stack Pointer*), SFR alamat 81h, berisi alamat *stack* atau tumpukan tertinggi dalam RAM internal. Register ini berguna untuk menyimpan data yang terkait dengan instruksi PUSH (memasukkan data ke *stack*) dan POP (mengeluarkan data dari *stack*) atau alamat-alamat kode program yang diselamatkan pada saat terjadi pemanggilan subprogram atau rutin interupsi.
- h. Pasangan Register Timer. Register yang terkait dengan penggunaan timer adalah register TH0, TL0, TH1, TL1, TMOD dan TCON. Pasangan register TH dan TL digunakan sebagai container atau jam pasir yang menampung pulsa dengan kapasitas maksimum 65535 pulsa. Pulsa yang masuk ke dalam kontainer ini bergantung pada mode penggunaan Timer. Jika I/O device ini digunakan sebagai Timer, maka pulsa yang masuk berasal dari rangkaian klok internal dengan periode 12 kali periode kristal yang digunakan. Jika prosesor menggunakan kristal 12 MHz, maka periode pulsa untuk timer 1 μ s. Sedangkan jika I/O device ini digunakan

sebagai Counter, maka pulsa yang masuk berasal dari pin T1 atau T0 para Port 3 (lihat gambar 2.2.). Frekuensi pulsa yang masuk melalui T1 maupun T0 tidak boleh melampaui $1/24$ frekuensi kristal.

- i. Register-register kontrol. Yaitu register-register yang digunakan untuk mengendalikan kerja I/O device internal. Register tersebut antara lain register IP (*Interrupt Priority*) dan IE (*Interrupt Enable*) untuk operasi interupsi, register TMOD (*Timer Mode*) dan TCON (*Timer Control*) untuk operasi Timer atau Counter, register SCON untuk operasi komunikasi serial dan register PCON (*Power Control*) untuk pengendalian penggunaan daya listrik prosesor.

2.2.12 Struktur Port

Prosesor AT89C51 menyediakan 32-pin I/O yang dikelompokkan menjadi 4 buah Port. Setiap pin terkait langsung dengan bit tertentu yang ada pada register P0, P1, P2 atau P3 yang terletak dalam SFR. Seperti tampak pada gambar 2.6. register P0, P1, P2 dan P3 merupakan register bit addressable, setiap bit dapat diakses 2 arah (input atau output) secara terpisah tanpa mempengaruhi bit lainnya. Sebagai contoh saat P1.5 digunakan sebagai pin input, P1.4 dapat digunakan sebagai output atau sebaliknya.

2.2.12.1 Port 0

Port 0 (nol) terdapat pada pin 32 s/d pin 39. Port 0 adalah port paralel 8-bit dua arah yang belum dilengkapi dengan rangkaian pull-up internal, yaitu rangkaian untuk mempertahankan harga tegangan pada saat kondisi HIGH

maupun LOW. Output dari port 0 dapat mensuplai arus ke 8 buah pin TTL. Meskipun demikian, karena pin pada port 0 tidak dilengkapi dengan internal pull-up, biasanya pin-pin pada port ini digunakan sebagai pin input.

Selain untuk paralel port, pin-pin pada port 0 juga dapat digunakan untuk pin address maupun pin data ketika prosesor menggunakan memory atau I/O eksternal.

2.2.12.2 Port 1

Port 1 terdapat pada pin 1 s/d pin 8. Port 1 adalah port paralel 8-bit dua arah yang telah dilengkapi dengan internal *pull-up*. Setiap pin pada port 1 dapat mensuplai arus ke 4 buah pin TTL. Seluruh pin dapat digunakan sebagai input maupun output.

2.2.12.3 Port 2

Port 2 terdapat pada pin 21 s/d pin 28. Port 2 adalah paralel port dua arah yang dilengkapi dengan rangkaian *pull-up*. Output dari port 2 dapat mensuplai arus ke 4 buah pin TTL. Selain sebagai paralel port. Port 2 juga dapat digunakan sebagai pin address (lihat gambar 2.2.). Untuk fungsi ini port 2 menggunakan *internal pull-up* yang kuat.

2.2.12.4 Port 3

Port 3 terletak pada pin 10 s/d 17. Port 3 adalah port paralel dua arah yang dilengkapi dengan rangkaian *pull-up*. Output dari port 3 dapat mensuplai arus ke 4 pin TTL. Selain itu port 3 juga memiliki fungsi lain yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.1 Fungsi lain Port 3

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	$\overline{\text{WR}}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{\text{RD}}$ (external data memory read strobe)

2.2.13 Metode Pengalamatan (*addressing mode*)

Untuk mengakses memory atau register, prosesor 8051 memiliki beberapa cara pengalamatan, yaitu :

a. Pengalamatan Register (*register addressing*)

Cara ini hanya berlaku untuk register R0 sampai R7. Misalnya instruksi :

MOV R7,22H menyebabkan isi RAM internal alamat 22H disalin ke Register R7.

b. Pengalamatan Langsung (*direct addressing*)

Cara pengalamatan seperti ini hanya berlaku untuk RAM internal dan SFR. Pada cara ini, dalam instruksinya operand ditunjukkan oleh suatu alamat yang lebarnya 8-bit. Misalnya instruksi

MOV 24H,22H menyebabkan isi RAM internal alamat 22H disalin ke RAM internal alamat 24H.

MOV TMOD,#00010001B menyebabkan angka biner 00010001 dimasukkan ke register TMOD.

MOV 24H,P1 menyebabkan kondisi pin pada Port 1 direkam ke dalam RAM internal alamat 24H.

c. Pengalamatan tidak langsung (*indirect addressing*)

Cara pengalamatan ini hanya berlaku untuk RAM internal. Pada cara ini, instruksi menunjukkan suatu register yang isinya adalah alamat dari suatu operand . Misalnya,

MOV @R0,22H menyebabkan isi RAM internal alamat 22H disalin ke RAM internal yang alamatnya tersimpan pada register R0.

d. Pengalamatan segera (*immediate addressing*)

Cara ini berlaku untuk RAM internal dan SFR, di mana data yang akan dilibatkan tertulis langsung pada instruksinya, misalnya :

MOV TMOD,#00010001B menyebabkan angka biner 00010001 dimasukkan ke register TMOD.

MOV 24H,#22H menyebabkan angka 22H dimasukkan ke RAM internal alamat 24H.

e. Pengalamatan berindeks (*indexed addressing*)

Biasanya cara ini digunakan untuk mengambil data yang ditulis pada memory program. Cara ini ditujukan untuk membaca *look-up table* yang ada di memori program. Misalnya :

MOVC A,@A+DPTR menyebabkan data yang terletak pada memory yang alamatnya merupakan hasil penjumlahan isi register A dengan isi register DPTR disalin ke register A.

2.3 Simpal Pengunci Fasa (Phase Locked Loop)

Phase Locked Loop adalah suatu sistem dalam elektronika yang prinsip kerjanya menggunakan cara penguncian (*locking*) fasa. Maksudnya yaitu menjaga agar selisih fasa antara 2 gelombang (yang satu sebagai referensi, yang lainnya sebagai gelombang yang akan diatur) selalu tetap / tidak berubah.

Dalam penggunaannya sendiri, PLL tidak pernah dikaitkan dengan fasa itu sendiri, melainkan berkaitan erat dengan persoalan frekuensi. Jadi walaupun penguncian fasa merupakan dasar kerja dari PLL, akan tetapi penggunaannya adalah untuk penguncian frekuensi.

2.3.1 Komponen Dasar PLL

Komponen dasar PLL terdiri atas:

1. Detector fasa (*Phase Detector*)

Detektor fasa sering dinamakan sebagai pembanding fasa, dimana berfungsi untuk mendeteksi beda fasa antara dua sinyal yaitu sinyal masukan V_i atau sinyal referensi (V_{ref}) dan V_o sebagai sinyal umpan balik. Hasil pembandingan dua sinyal itu menghasilkan tegangan kesalahan (V_e) dan beda fasa. Detektor fasa ini memiliki faktor penguatan K yang merupakan penguat dari sinyal *error* yang dihasilkan sebelum dilewatkan ke komponen filter.

2. Loop Filter

Komponen ini berfungsi untuk menghilangkan atau mengurangi komponen frekuensi tinggi yang dihasilkan pembanding fasa sehingga tegangan / arus pengendali bagi VCO/CCO proporsional dengan beda fasa dua sinyal masukan pada pembanding fasa. Selain itu *loop filter* juga menentukan lebar

kisaran sinyal (*capture range*) PLL berdasarkan karakteristik nilai – nilai *loop* filter itu.

3. Osilator terkendali oleh tegangan atau arus (Voltage / Current Control Oscillator, VCO / CCO)

Komponen ini berfungsi untuk membangkitkan sinyal sinus yang sebanding dengan tegangan masukan yang diberikan.

2.3.2 Cara Kerja PLL

Jika sinyal masukan PLL tidak ada (tidak ada sinyal referensi pada detektor fasa) maka VCO berada dalam keadaan *free running frequency* (f_0). Frekuensi ini dapat diubah dengan rangkaian LC dan R tambahan.

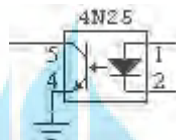
Bila sinyal referensi ada dalam kisaran frekuensi tengah dari f_0 , maka PLL akan mulai beroperasi dalam modus pencarian (*tracking mode*) dimana PLL berusaha agar frekuensi sinyal keluaran VCO mendekati frekuensi sinyal referensi. Kisaran frekuensi dimana PLL mulai beralih (transisi) dari modus *free running* ke modus *tracking* dinamakan kisaran penangkapan (*capture range*). Pada saat PLL berada dalam modus ini, perbedaan fasa antara sinyal referensi dan sinyal VCO akan menghasilkan tegangan yang sebanding dengan perbedaan fasa antara kedua sinyal. Tegangan kesalahan ini dihubungkan ke masukan VCO dan akan memaksa frekuensi osilator menyamai frekuensi sinyal referensi. Jika tidak ada pergeseran fasa pada jalur umpan balik, sinyal umpan balik dari VCO mendahului sinyal referensi sebesar 90° pada saat penguncian fasa terjadi.

Pada saat PLL terkunci pada sinyal referensi maka PLL akan terus mengikuti sinyal referensi sampai sinyal referensi tersebut melebihi batas dari

kisaran penguncian PLL. Kisaran penguncian PLL harus sama atau lebih besar dari kisaran penangkapan PLL. Biasanya kisaran penguncian akan lebih besar sekitar 1% – 60% dari frekuensi *free running* VCO.

2.4 Opto Isolator

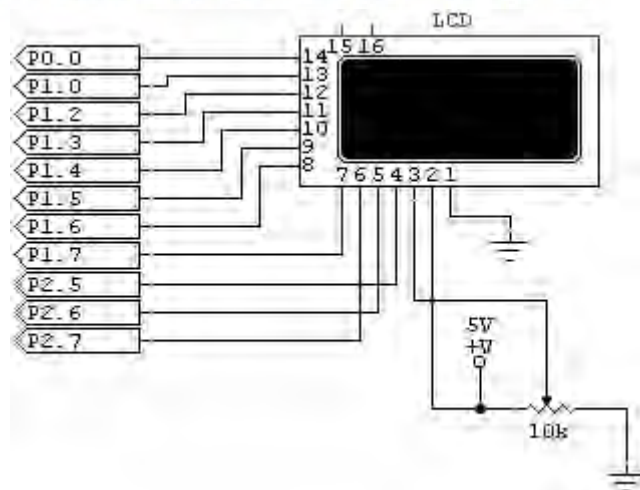
Untuk mengisolasi saluran telepon yang memiliki tegangan tinggi dengan rangkaian mikrokontroler maka digunakan *optoisolator*. Ic 4N25 merupakan Ic *optoisolator* 6 kaki, di dalamnya terdapat LED inframerah dan phototransistor.



Gambar 2.10 Optoisolator 4N25

Apabila LED mendapat arus maju maka LED akan menyala, sinar dari LED diterima oleh basis photo transistor maka phototransistor akan aktif.

2.5 Liquid Crystal Display (LCD)

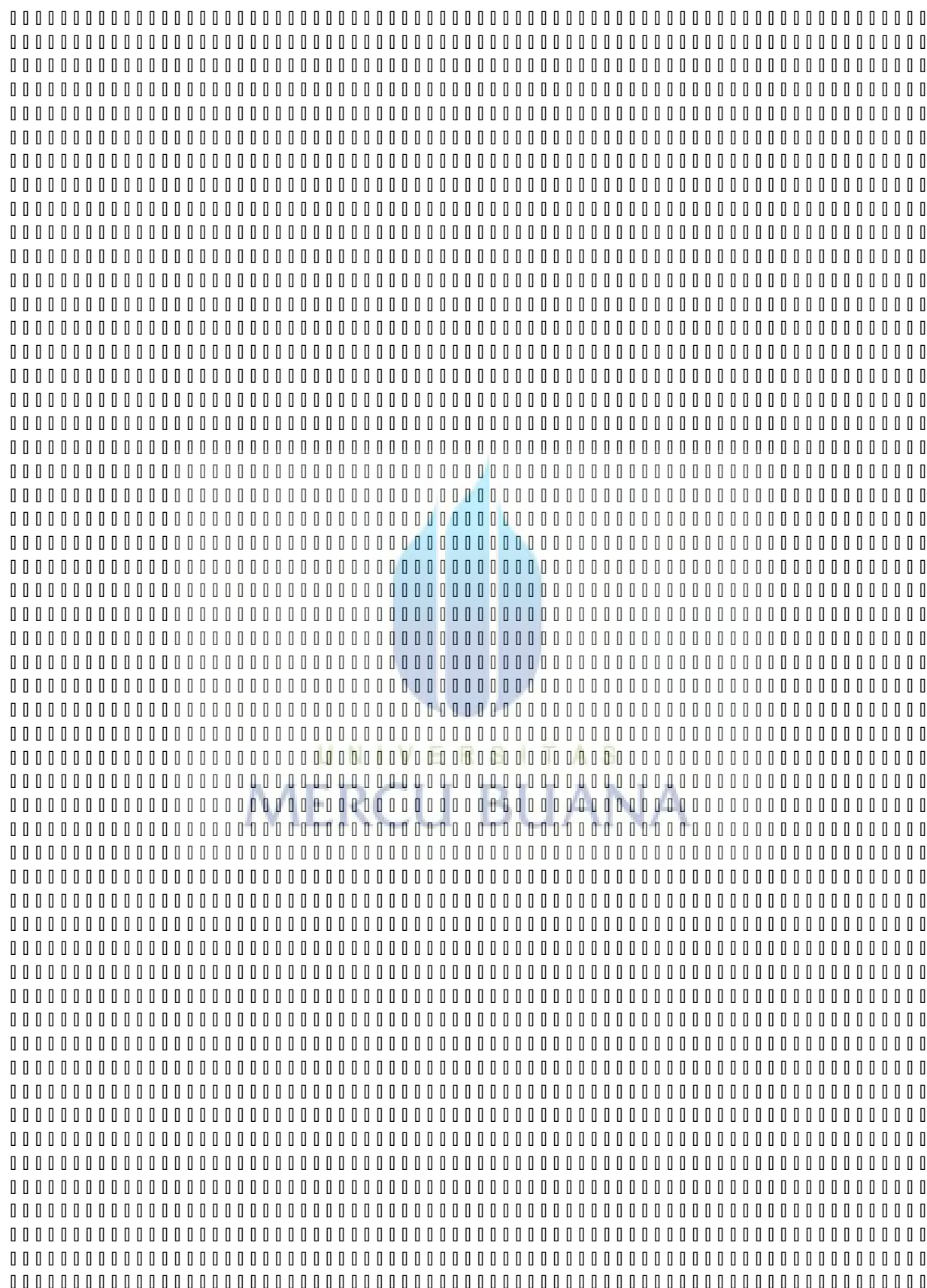


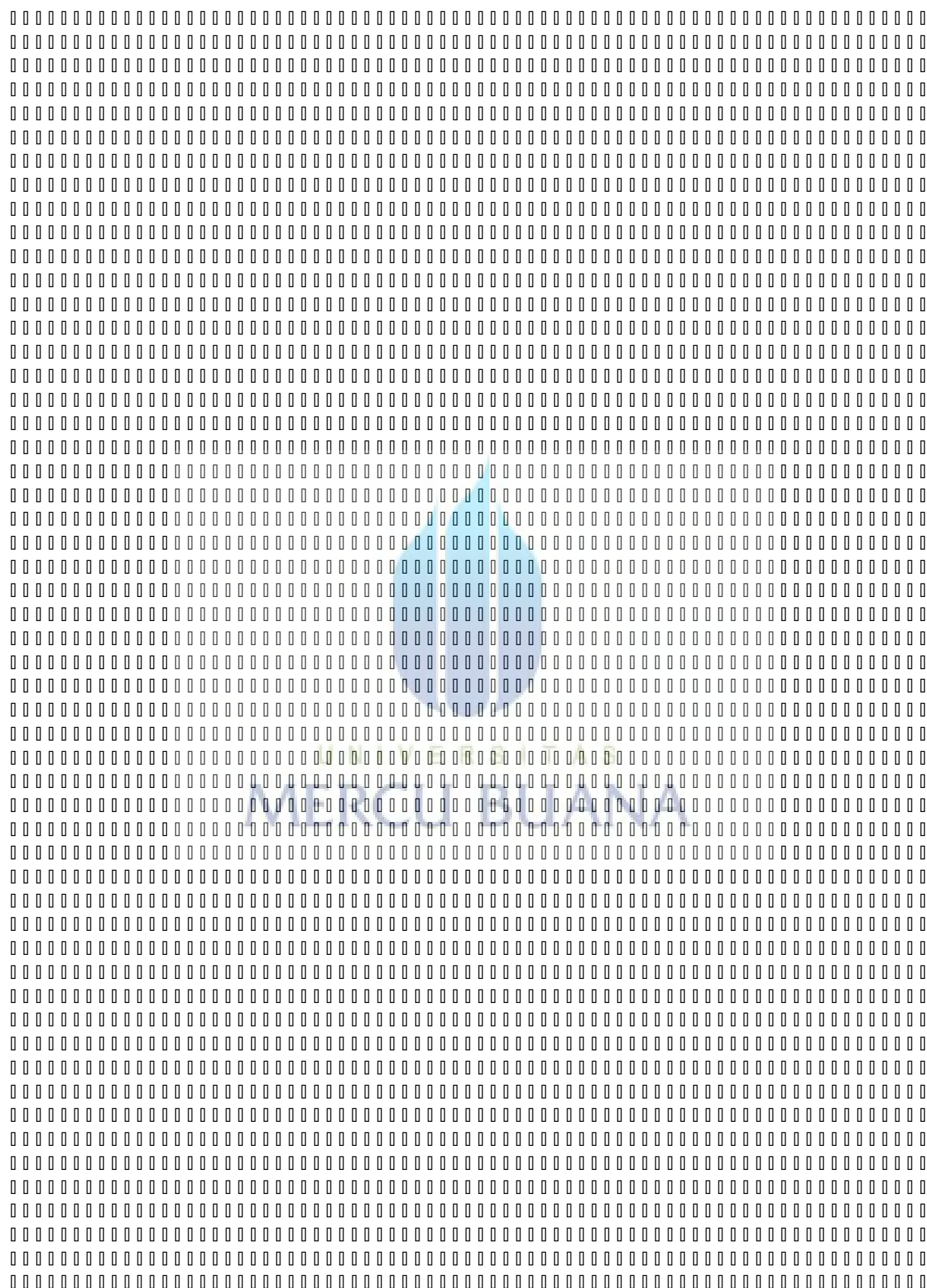
Gambar 2.11 Rangkaian Liquid Crystal Display (LCD)

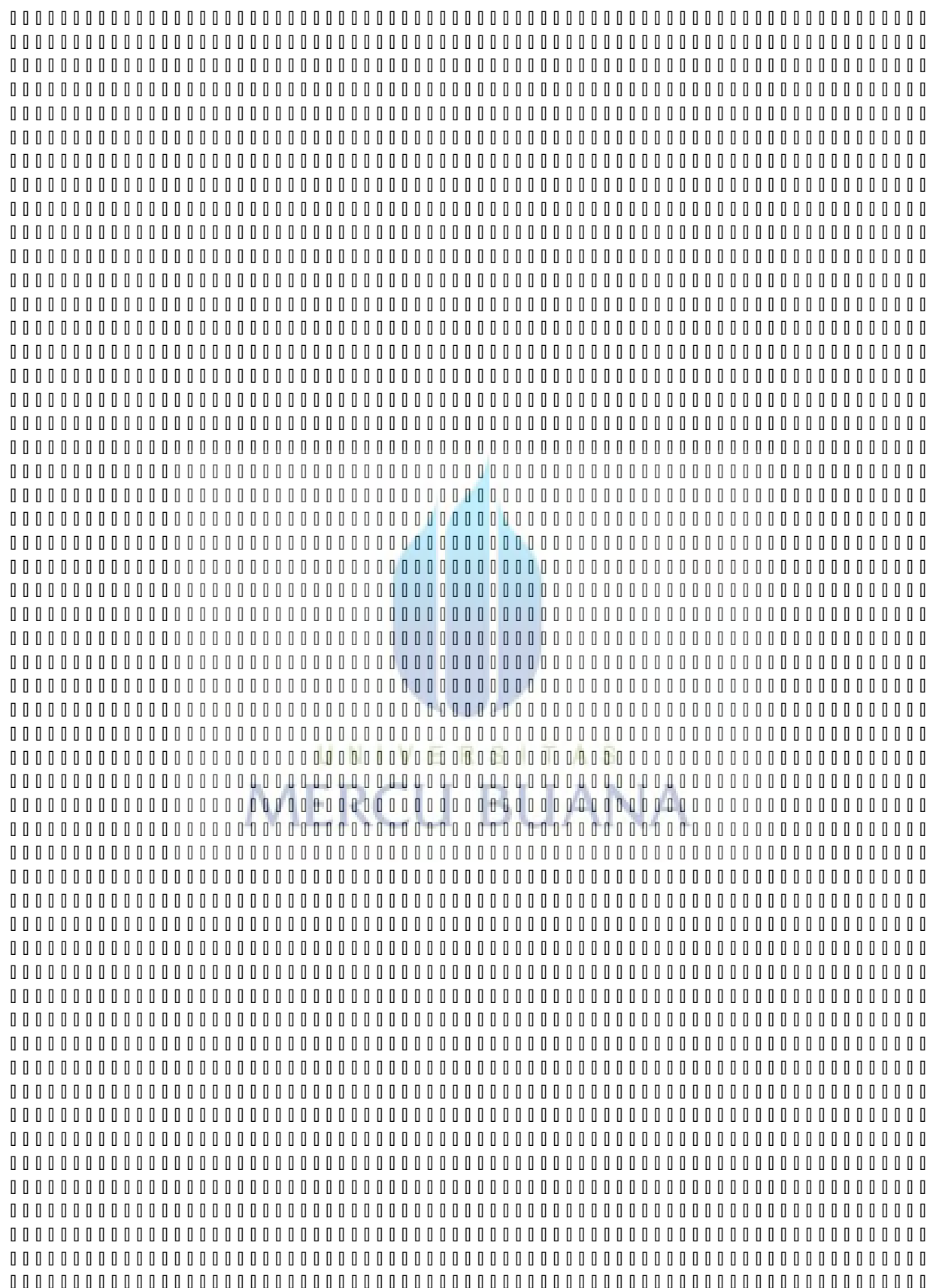
Media yang digunakan untuk menampilkan biaya pulsa telepon adalah LCD (Liquid Crystal Display).

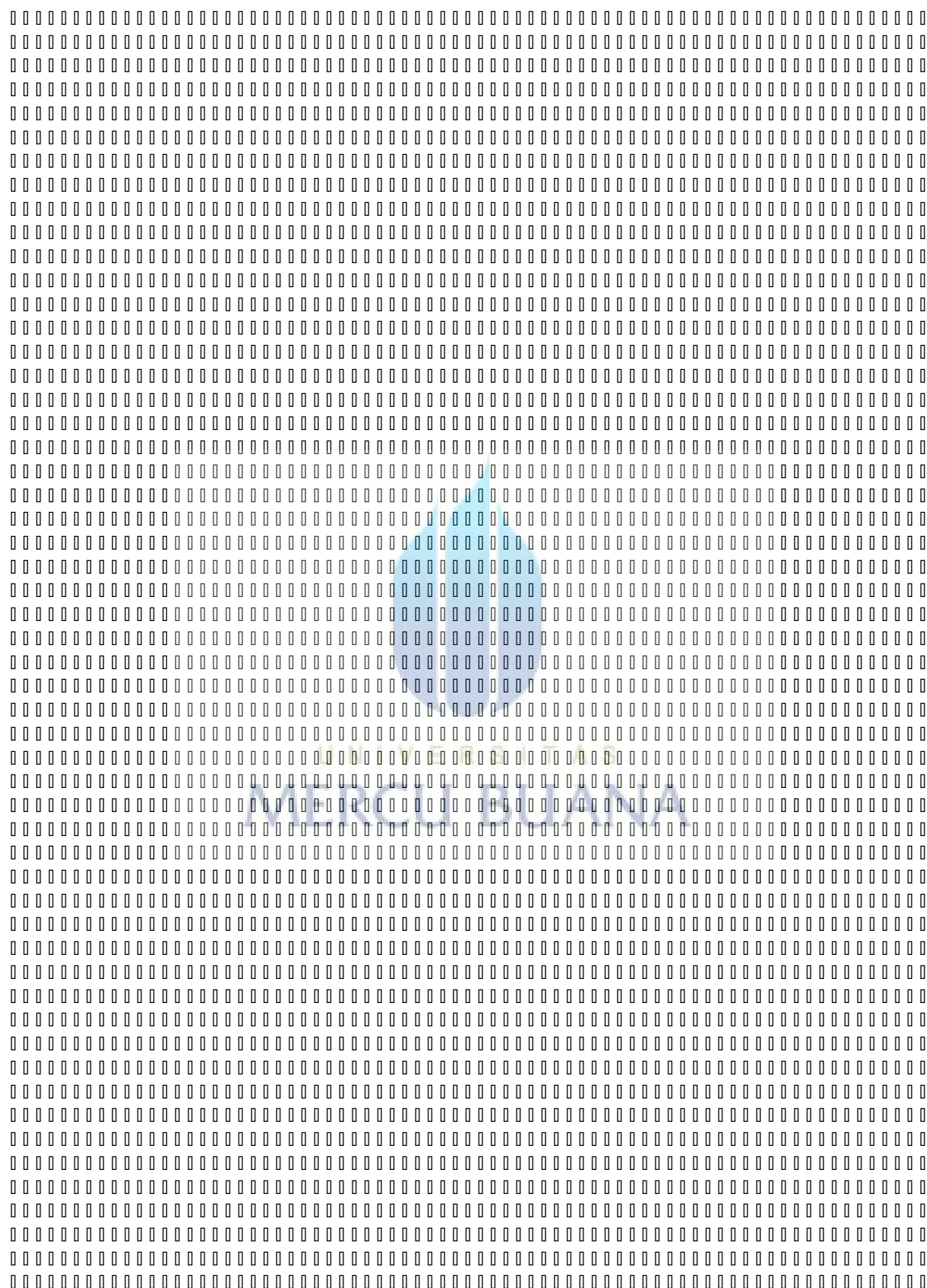
Berbeda dengan LED (Light Emitting Diodes) yang memancarkan cahaya sebagai penampil karakter yang dikehendaki, LCD mengontrol pemantulan cahaya yang ada untuk menampilkan karakter yang dikehendaki. Teknologi LCD ini banyak diminati karena mengkonsumsi daya yang sangat rendah.

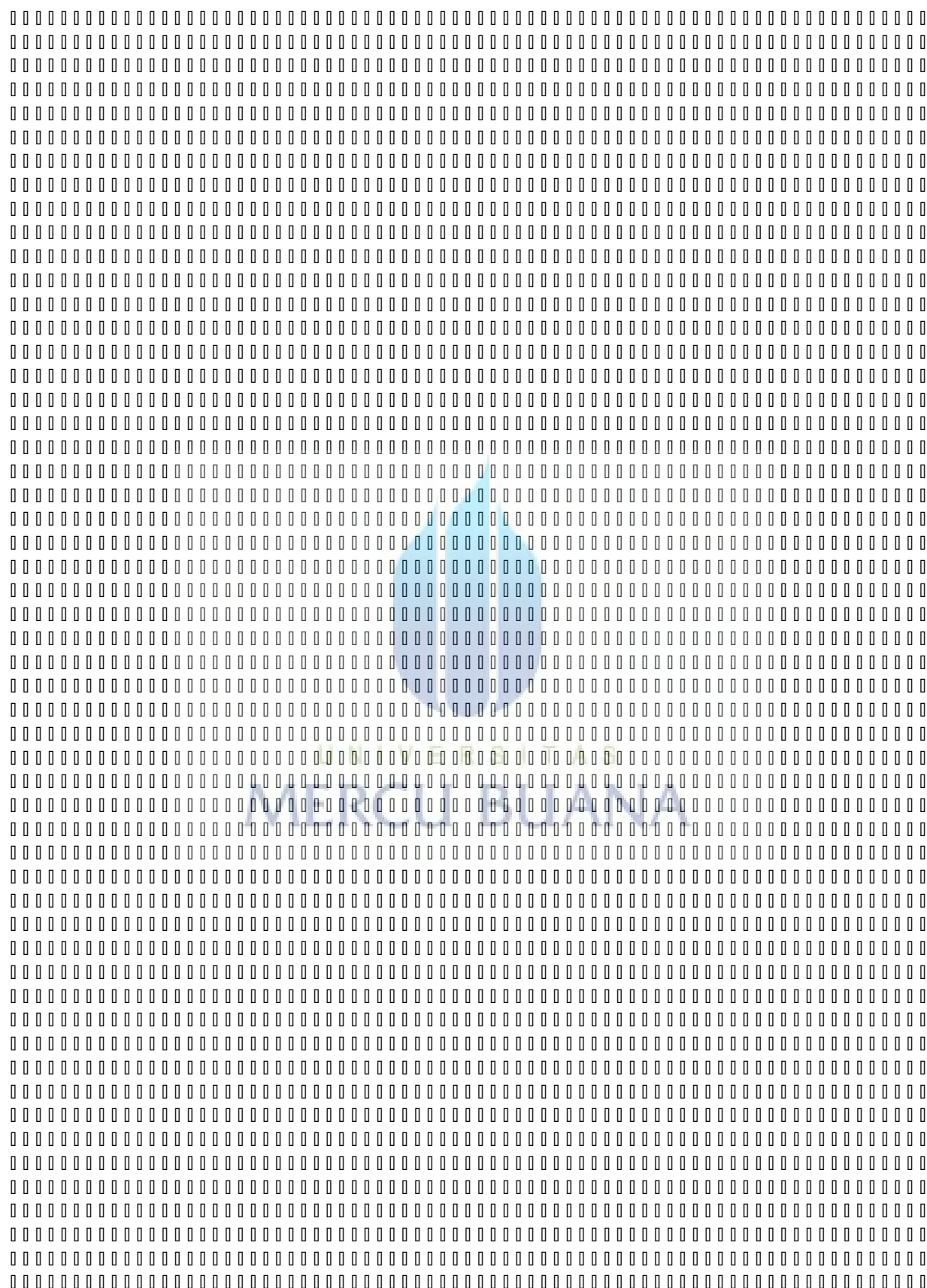


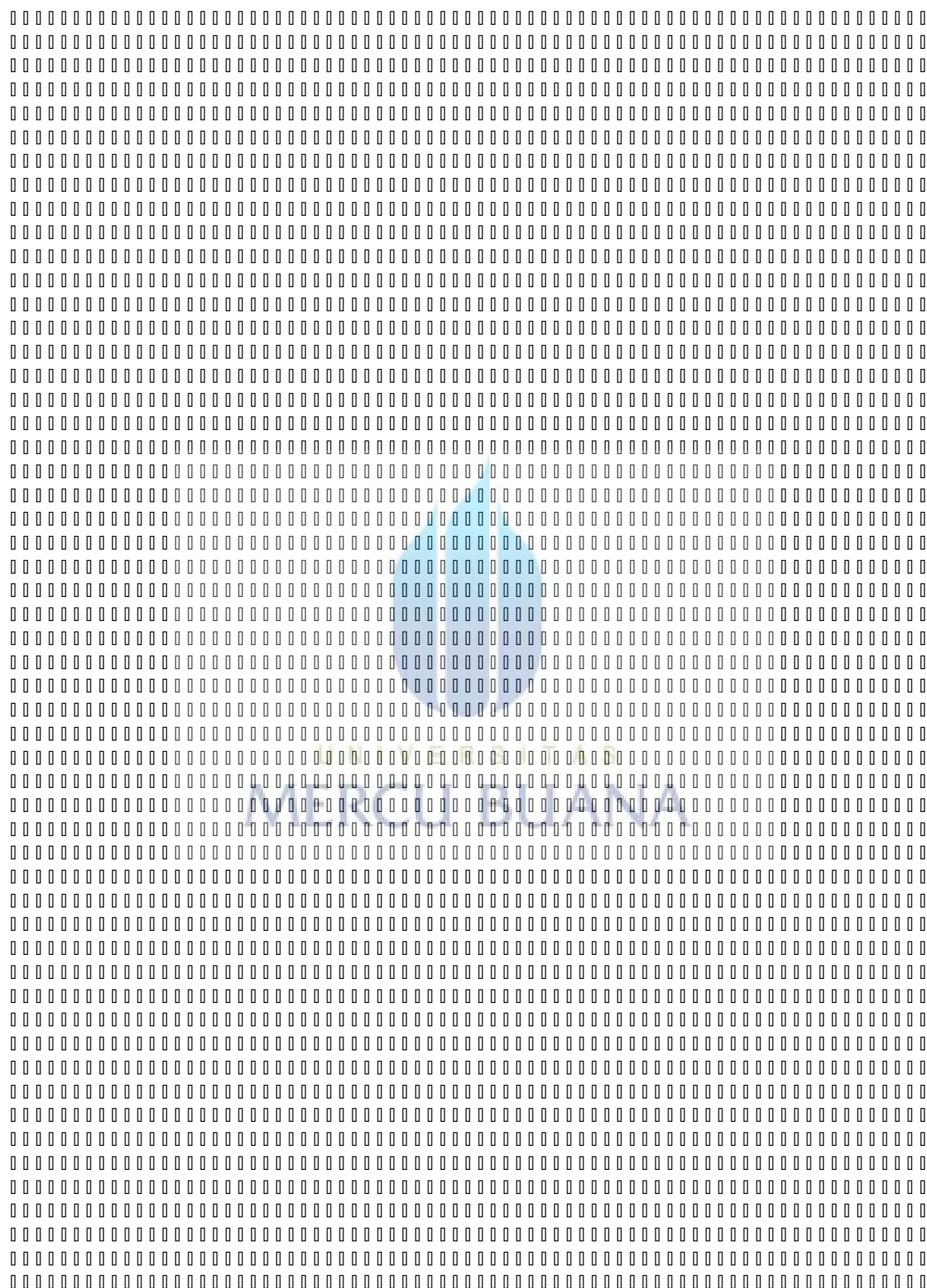


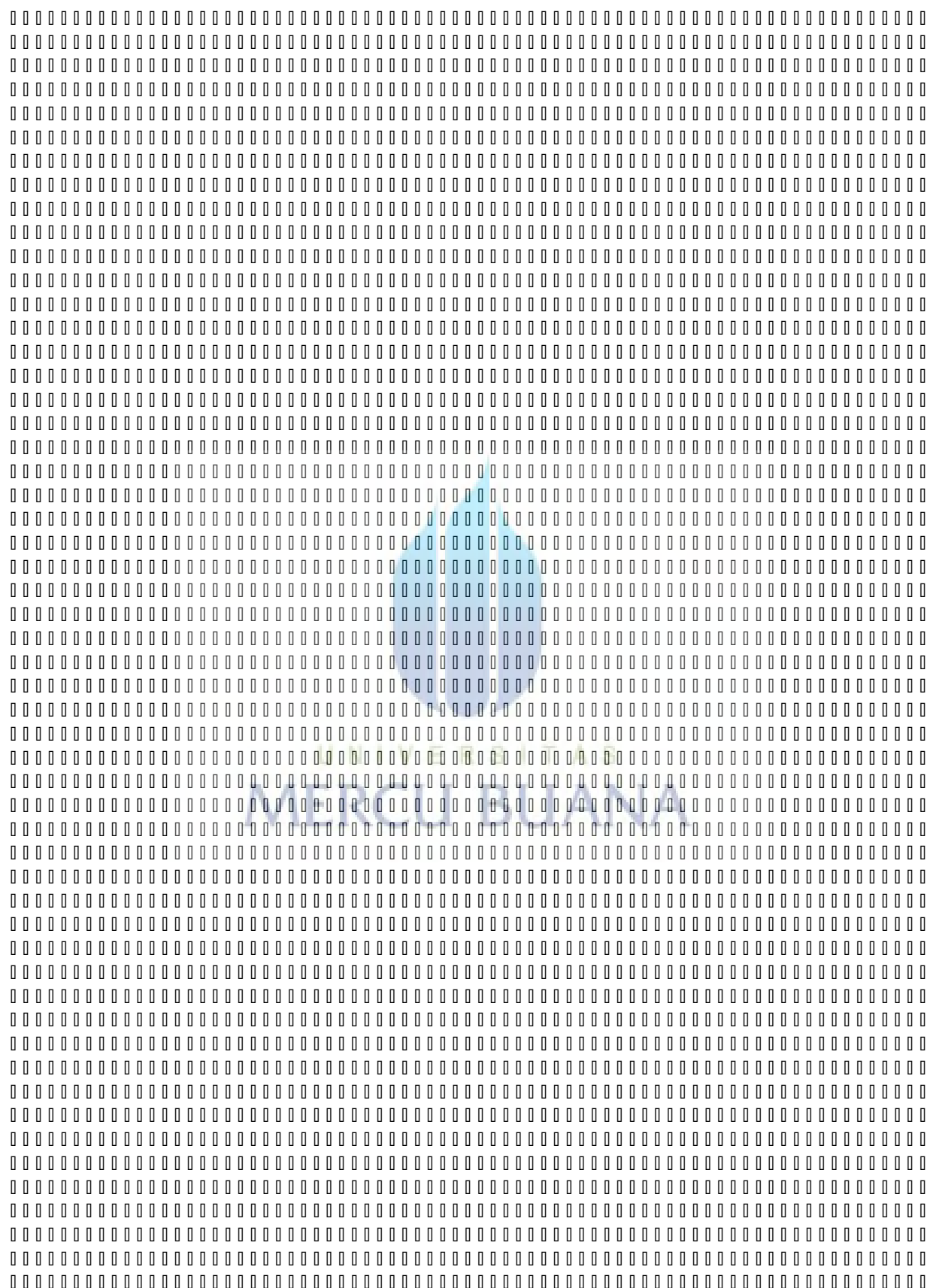


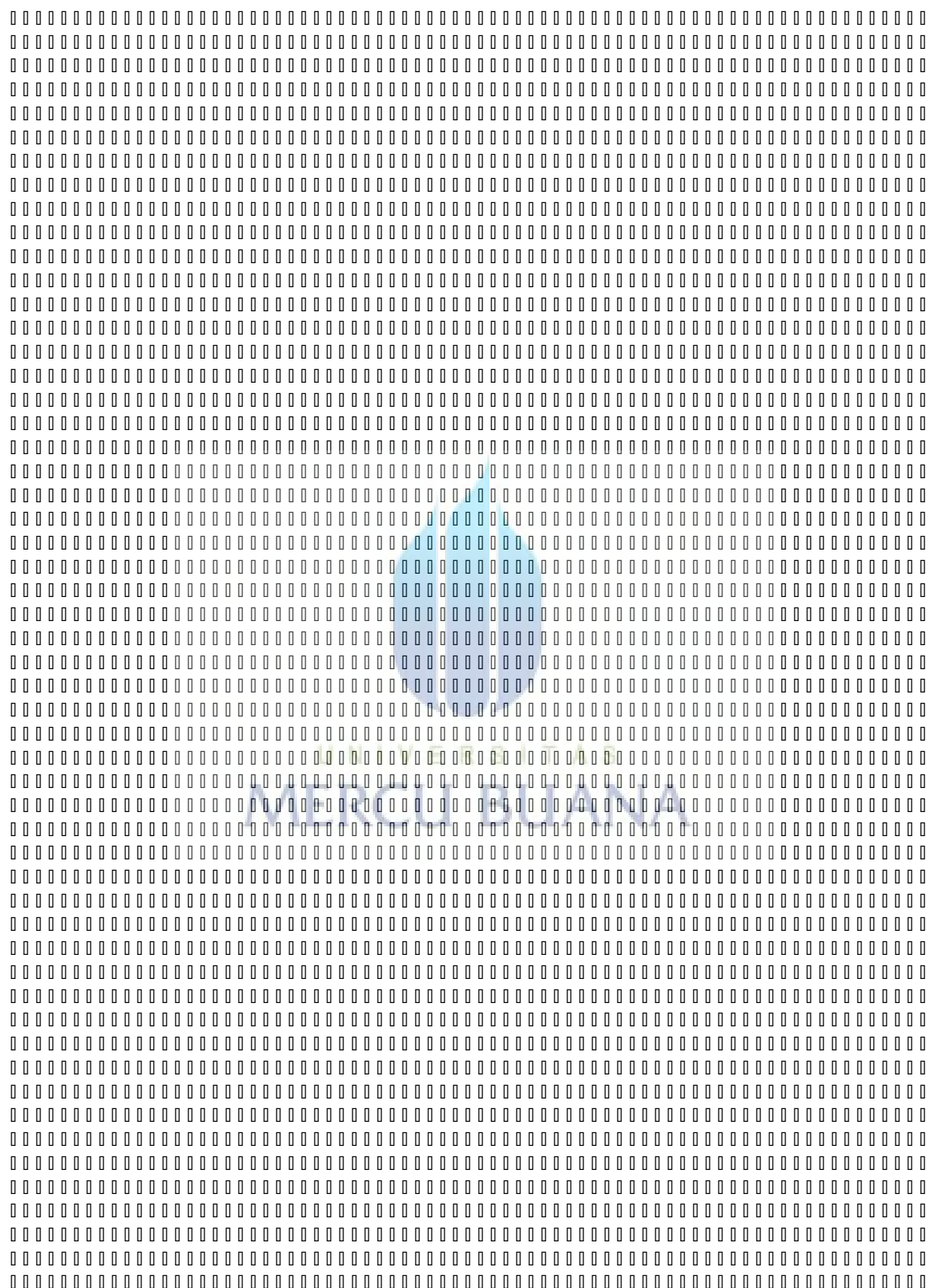


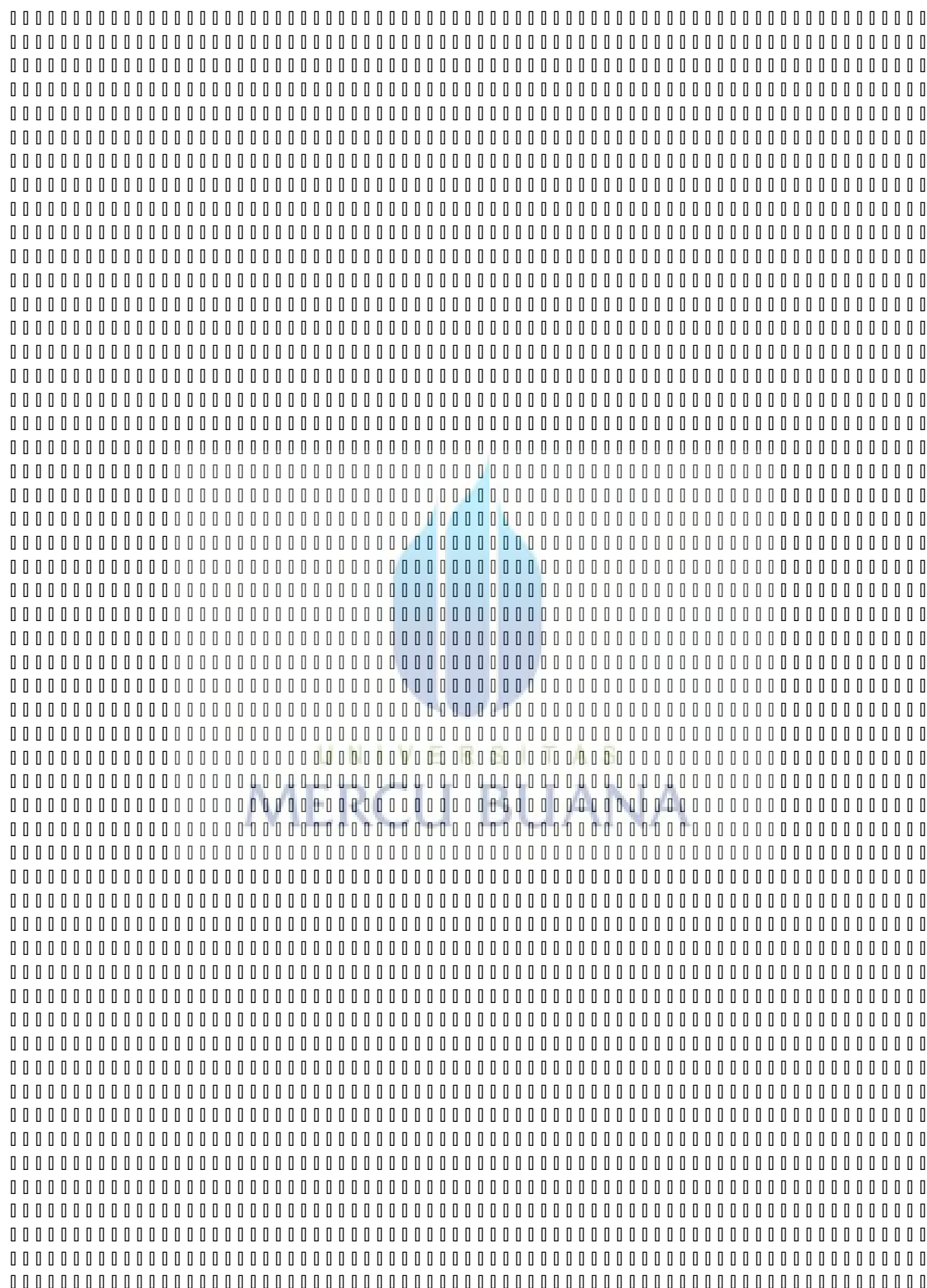


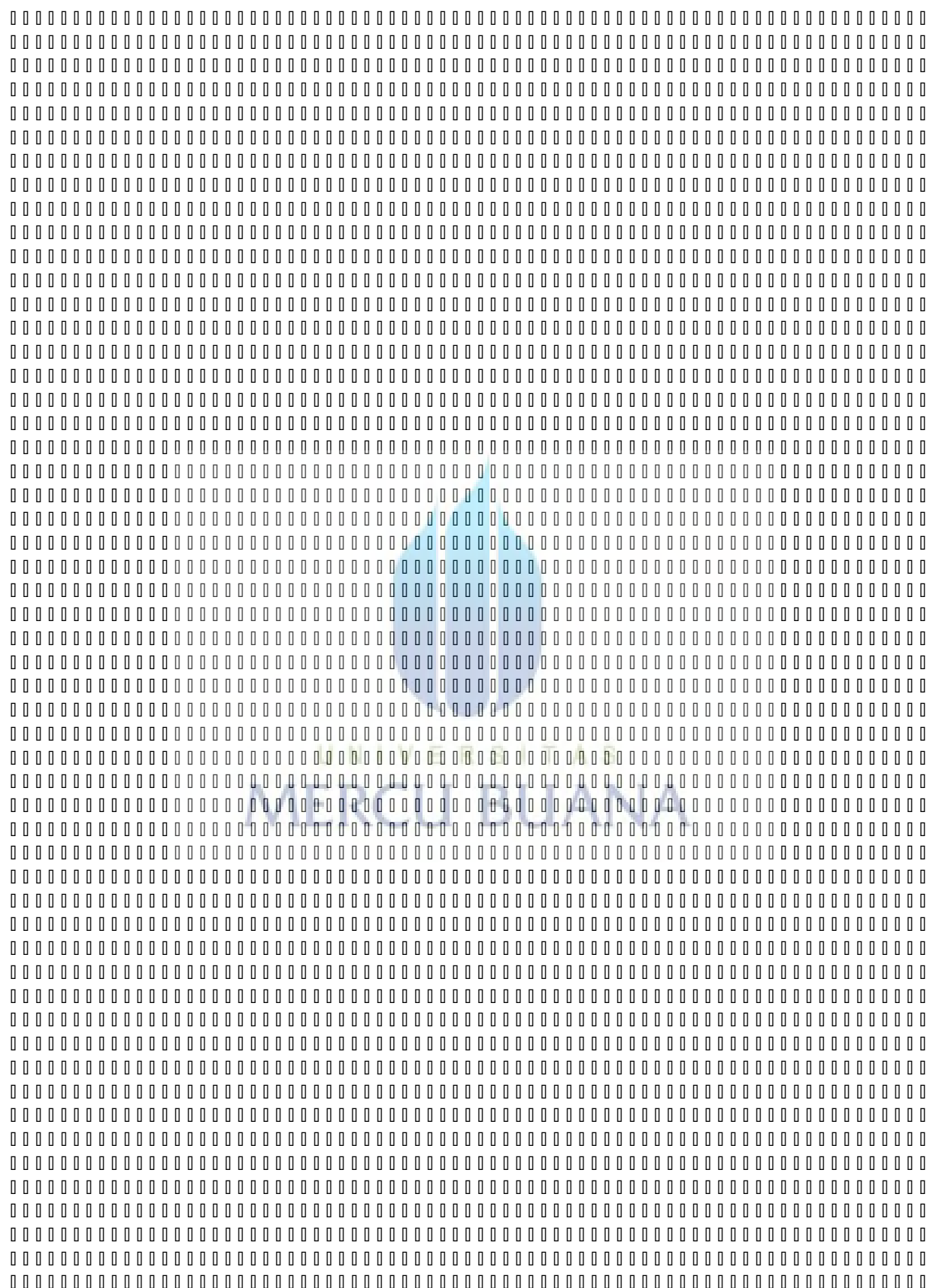


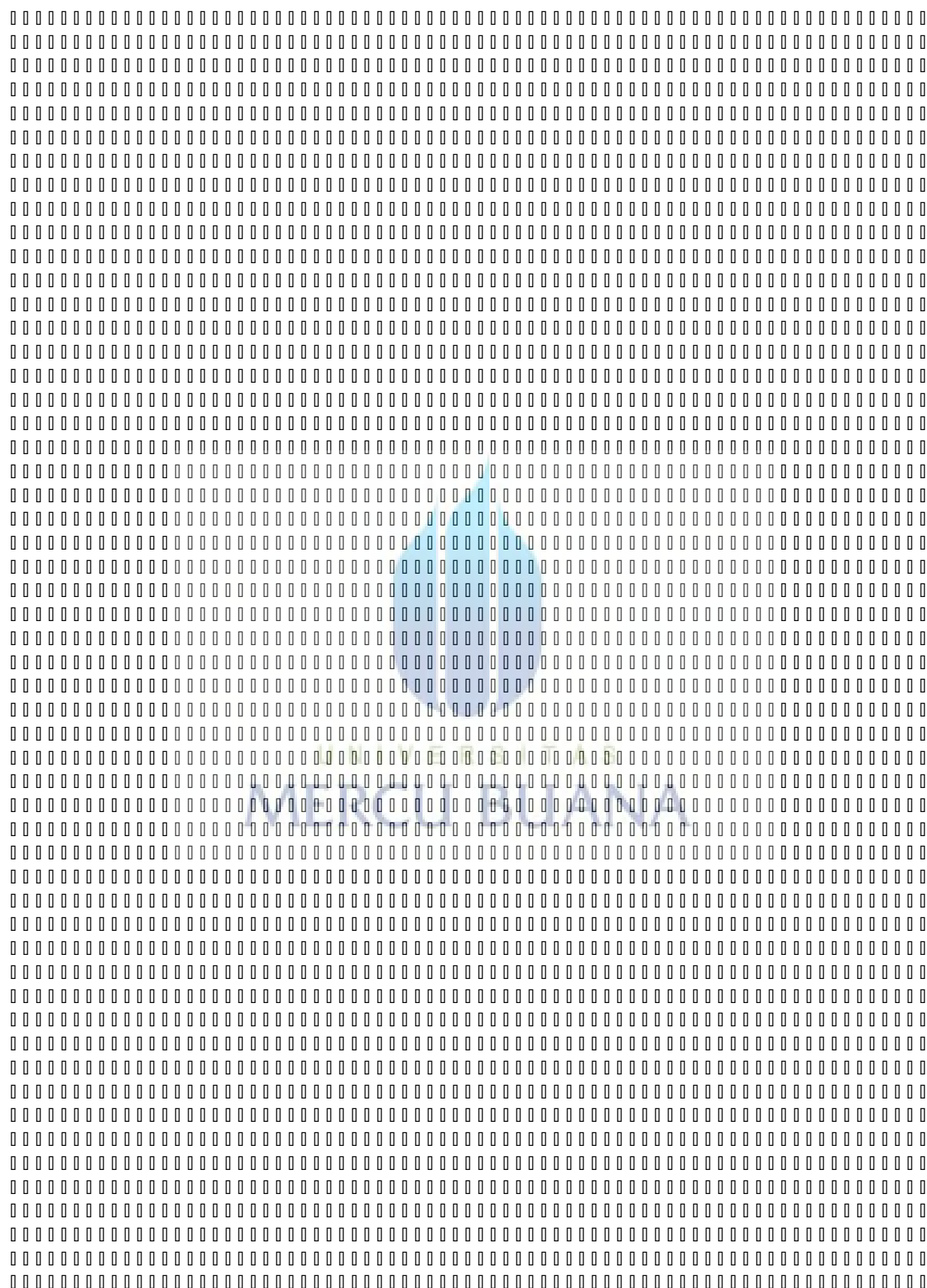


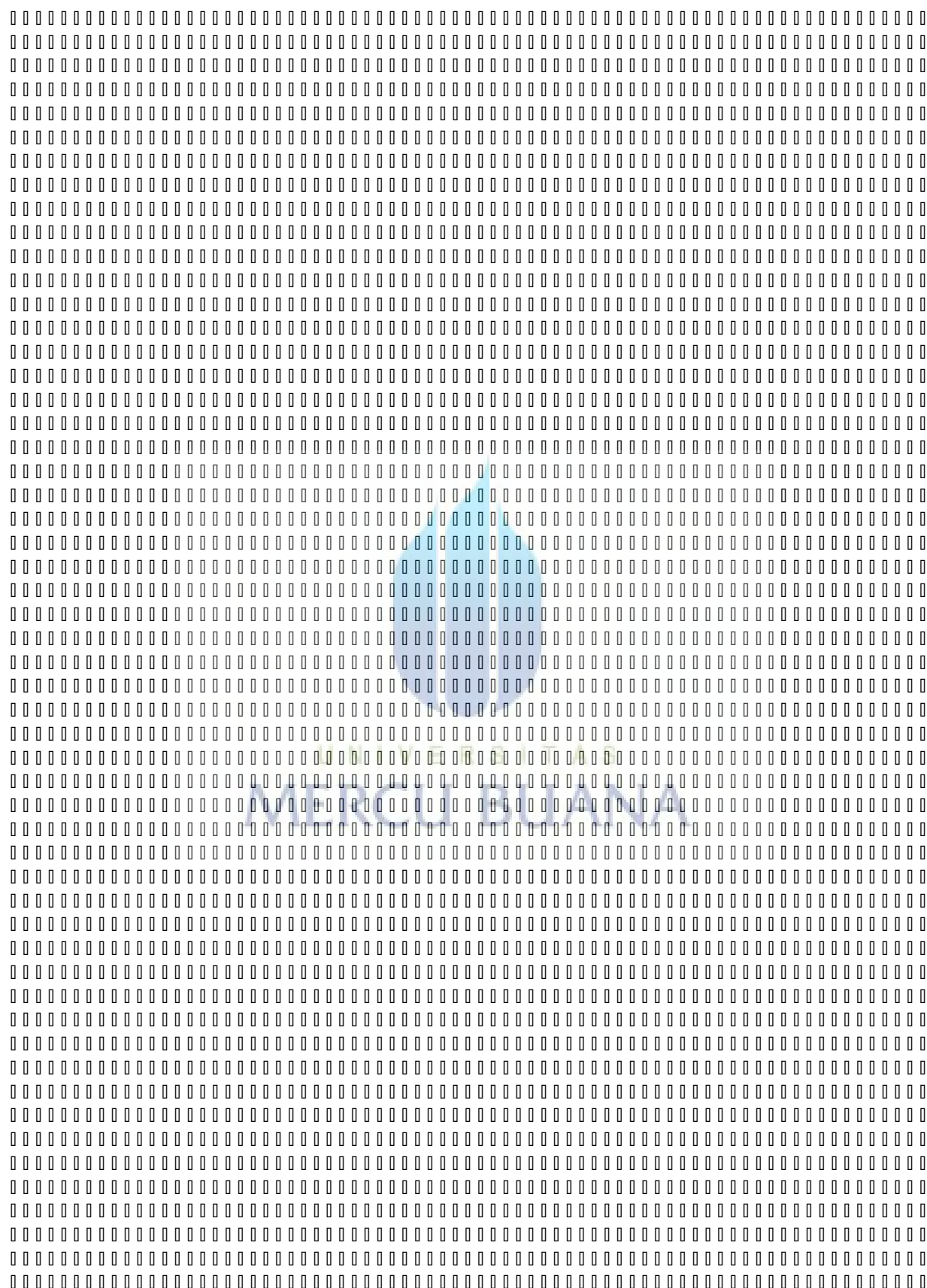


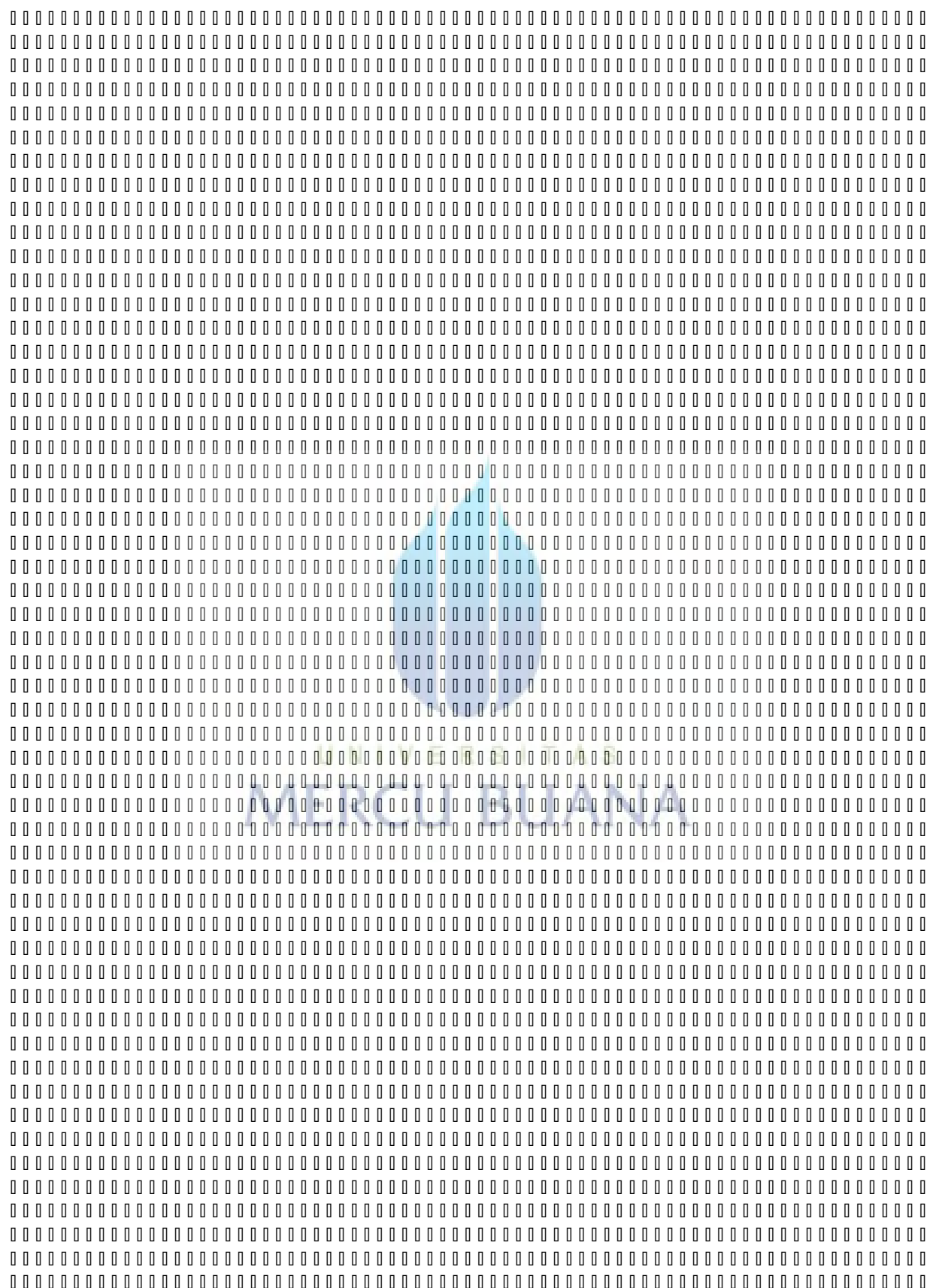


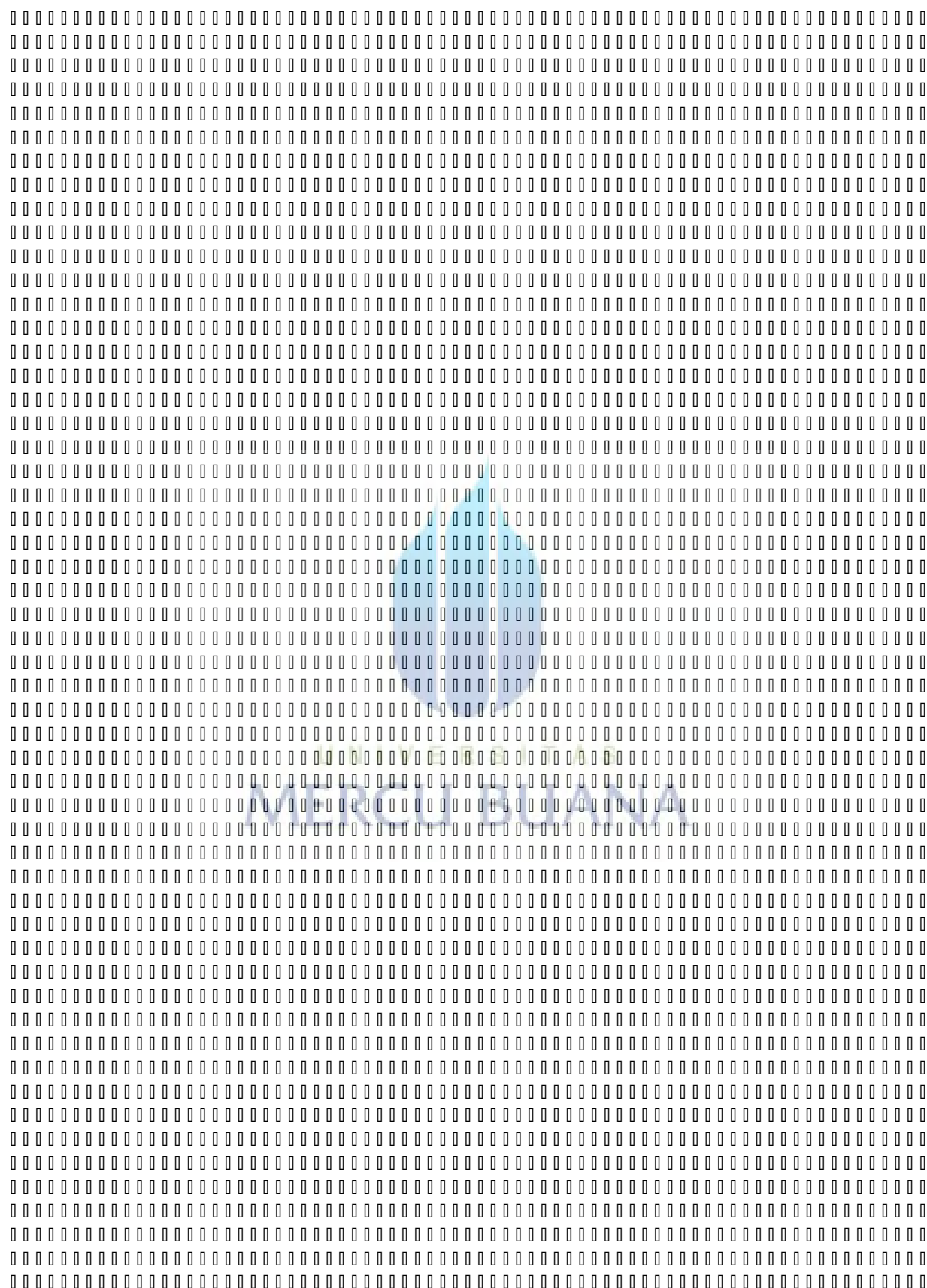


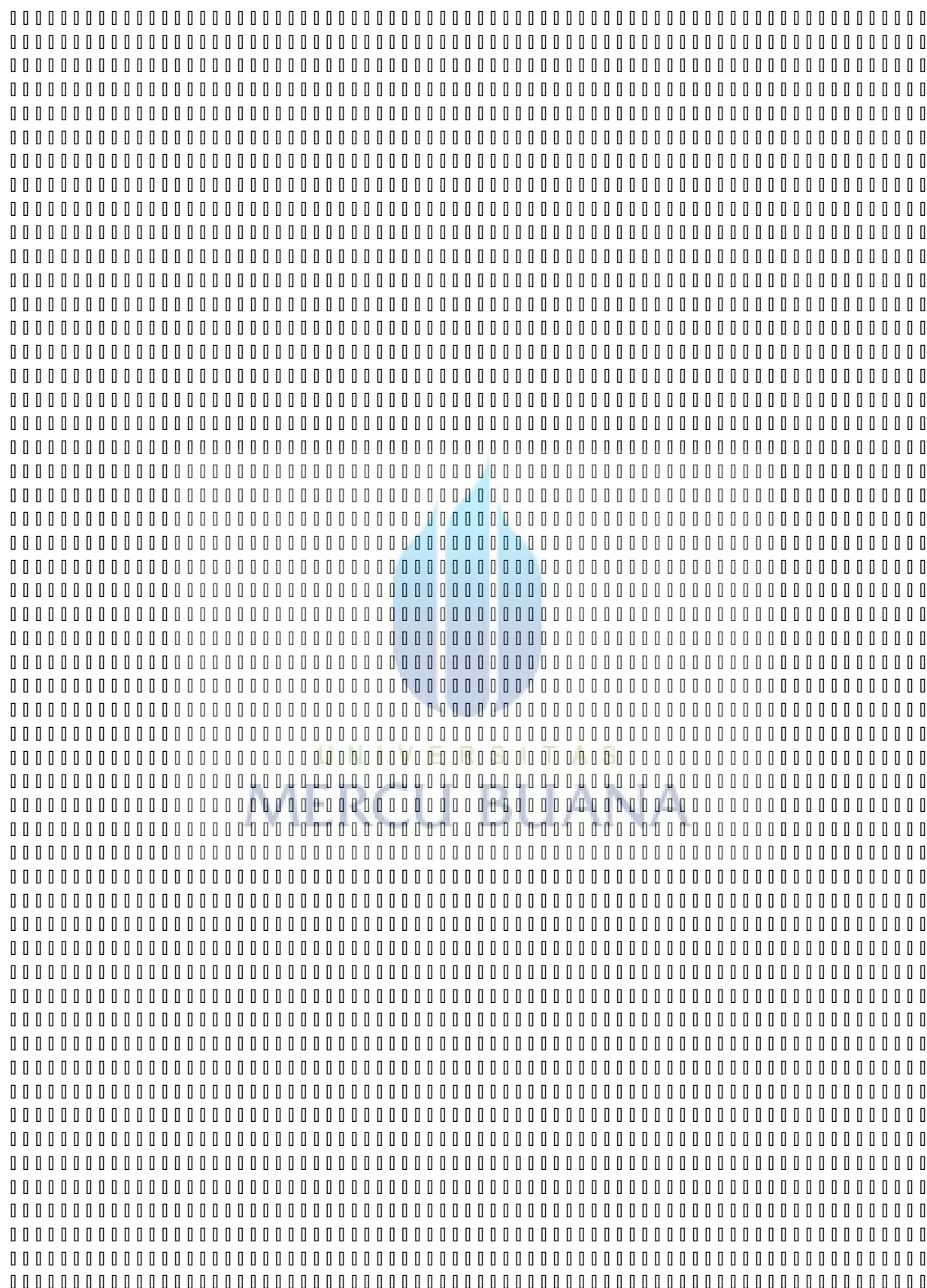


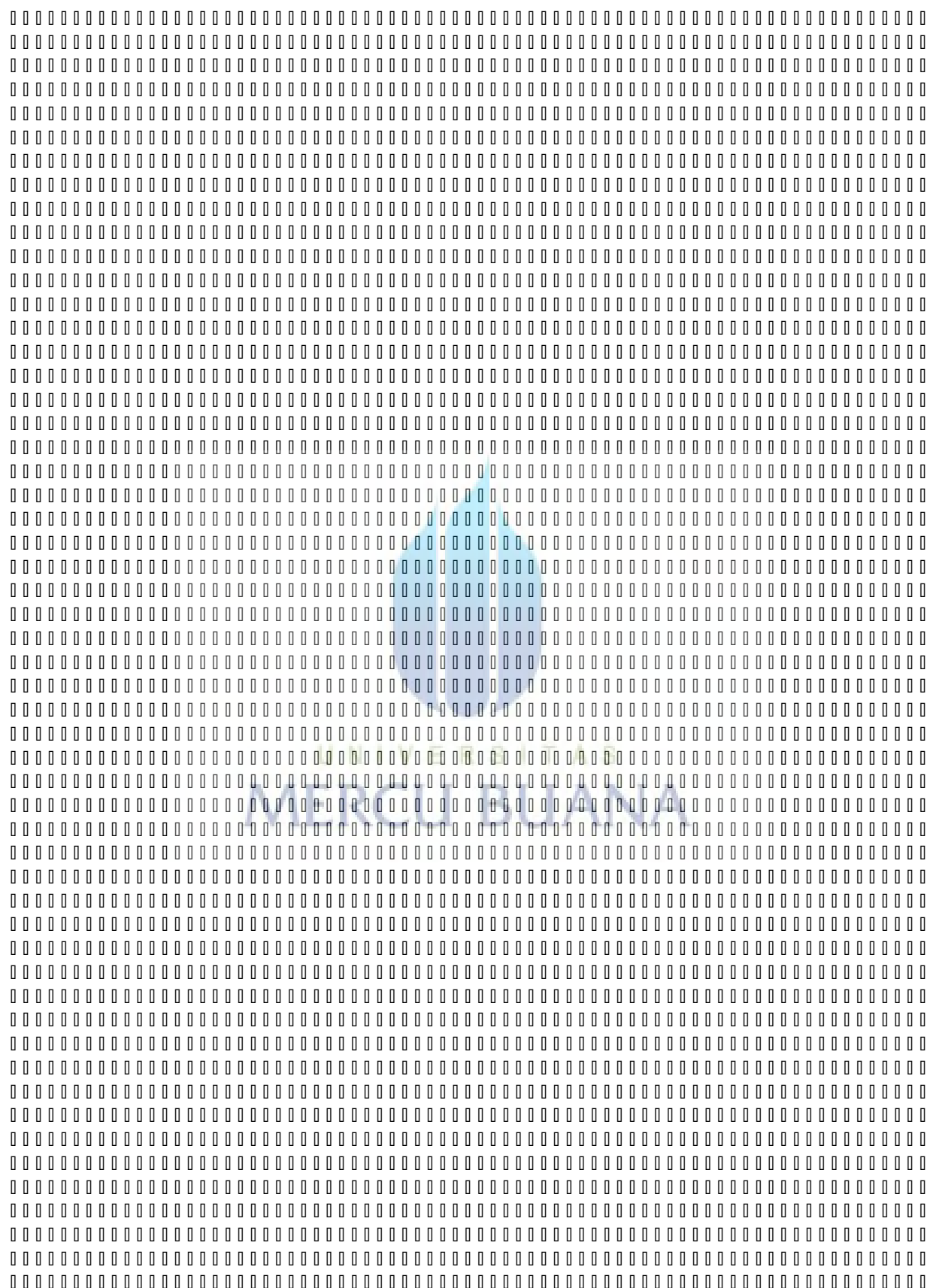


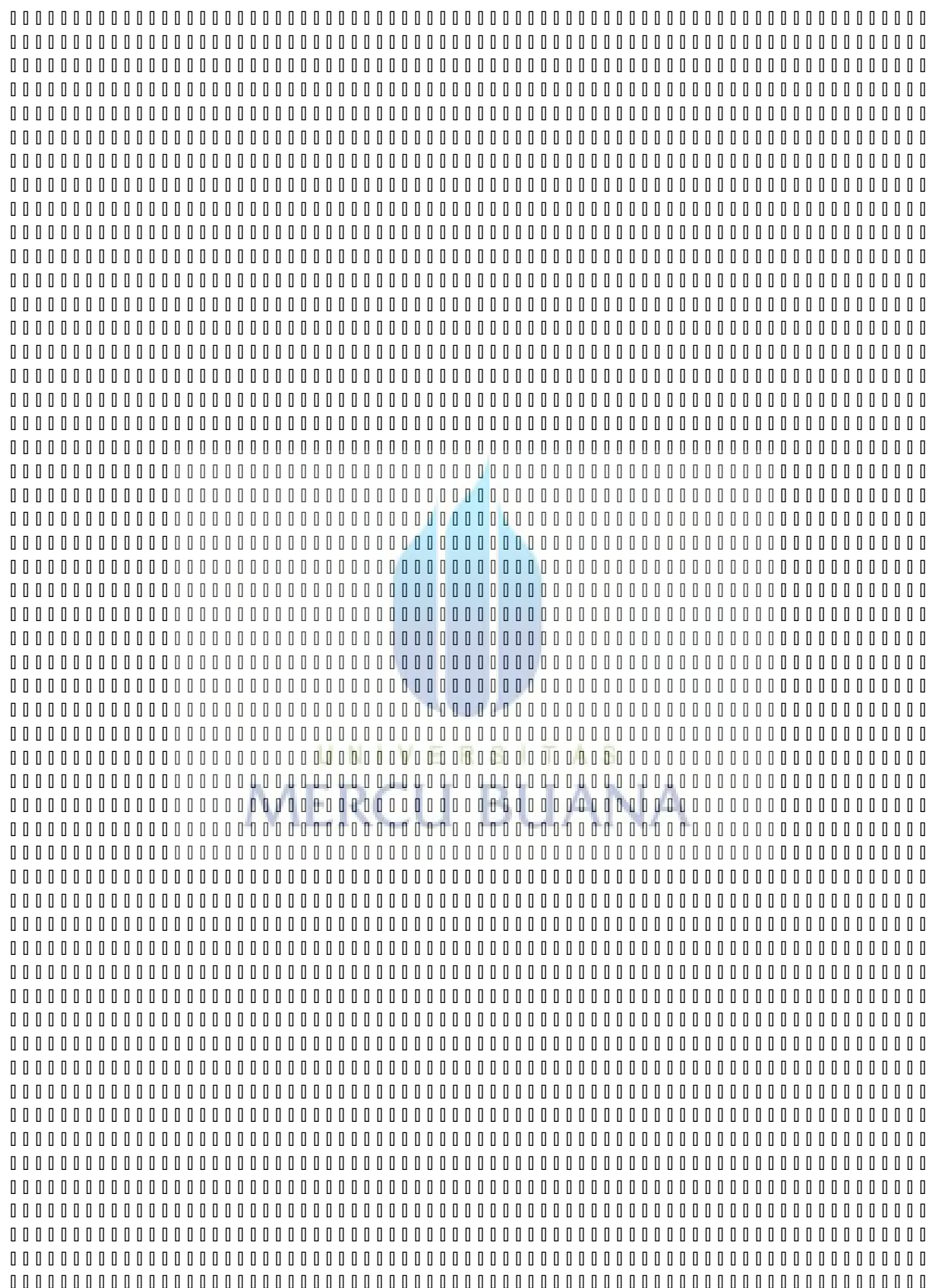


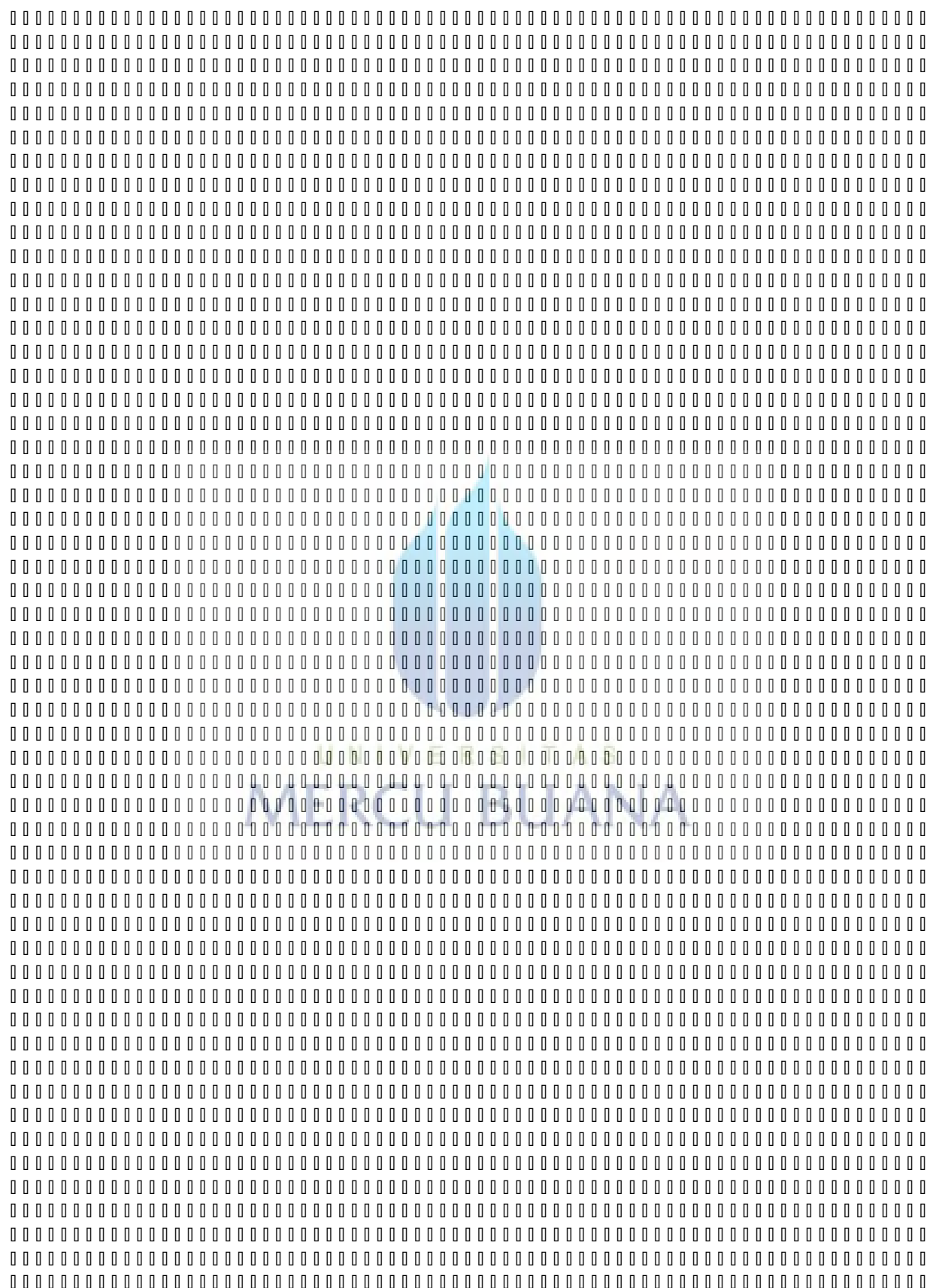


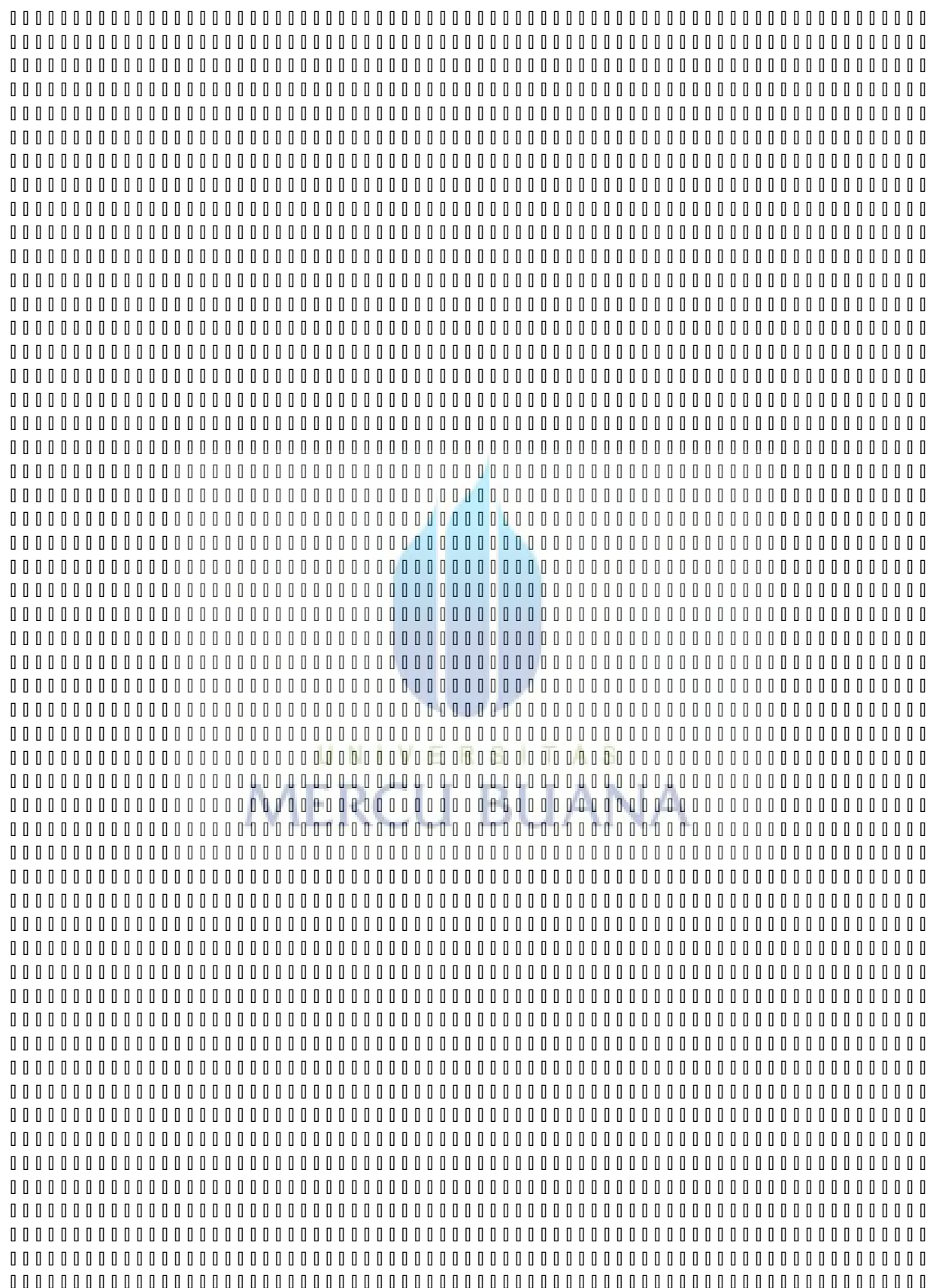


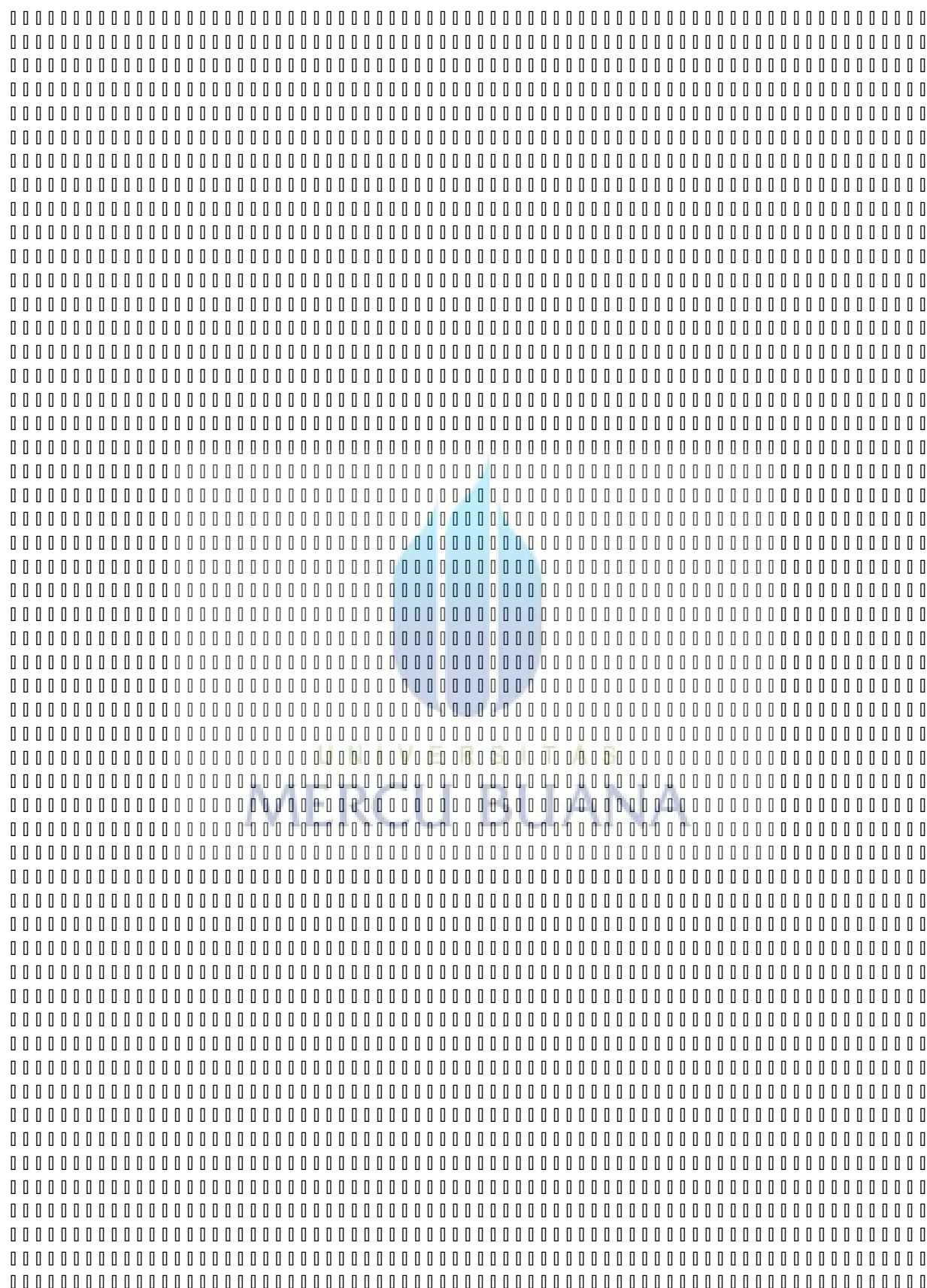


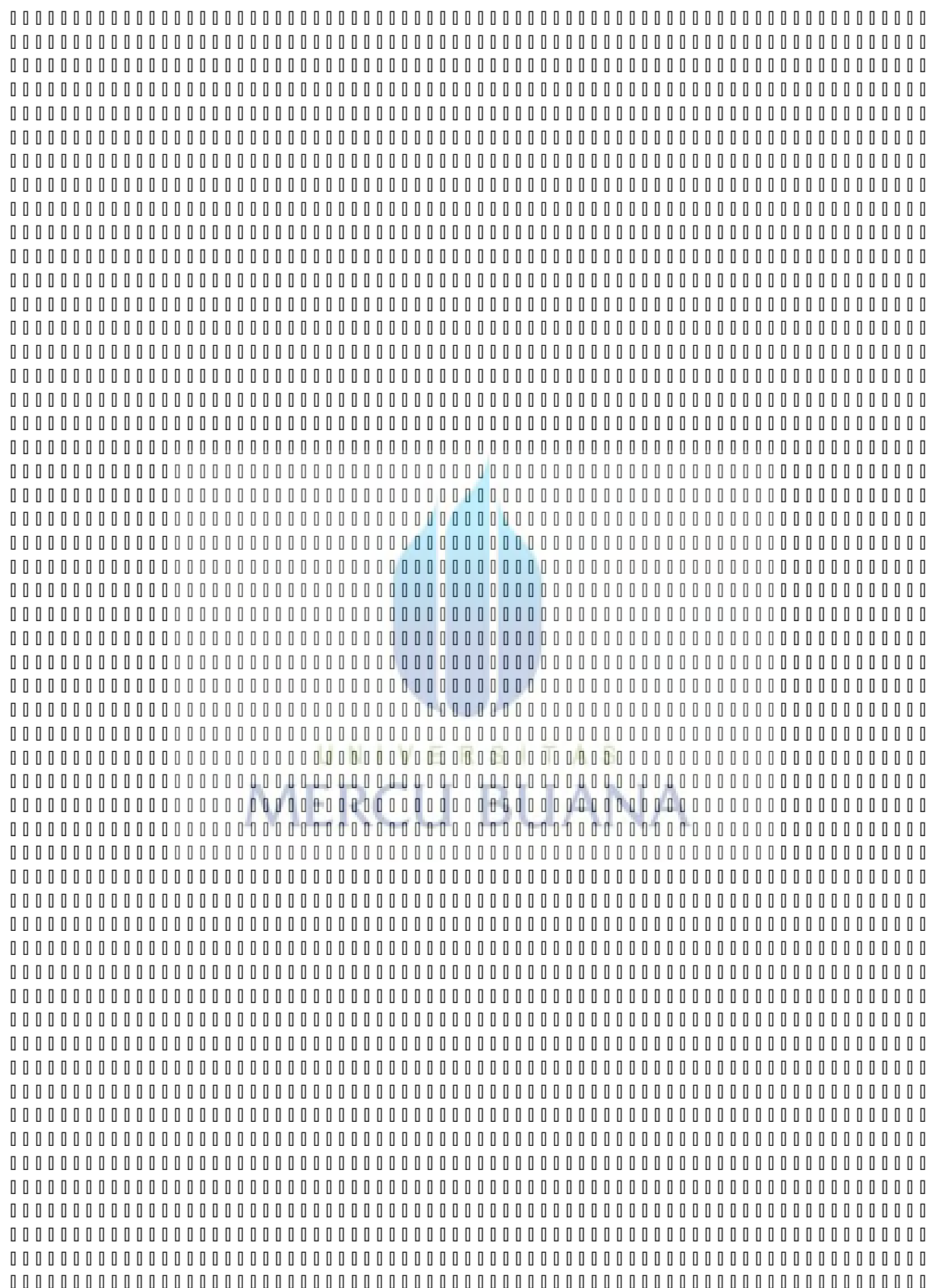


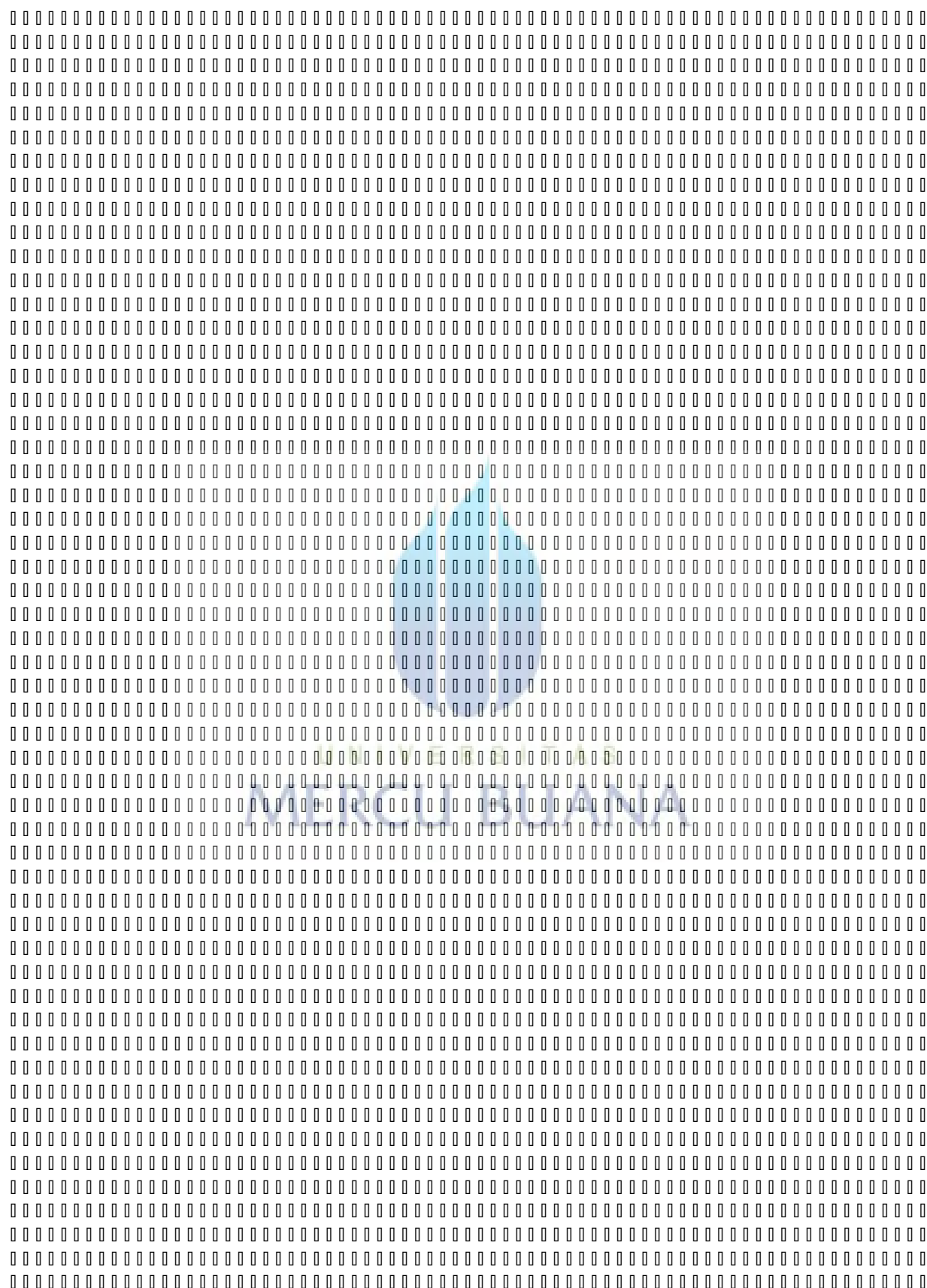


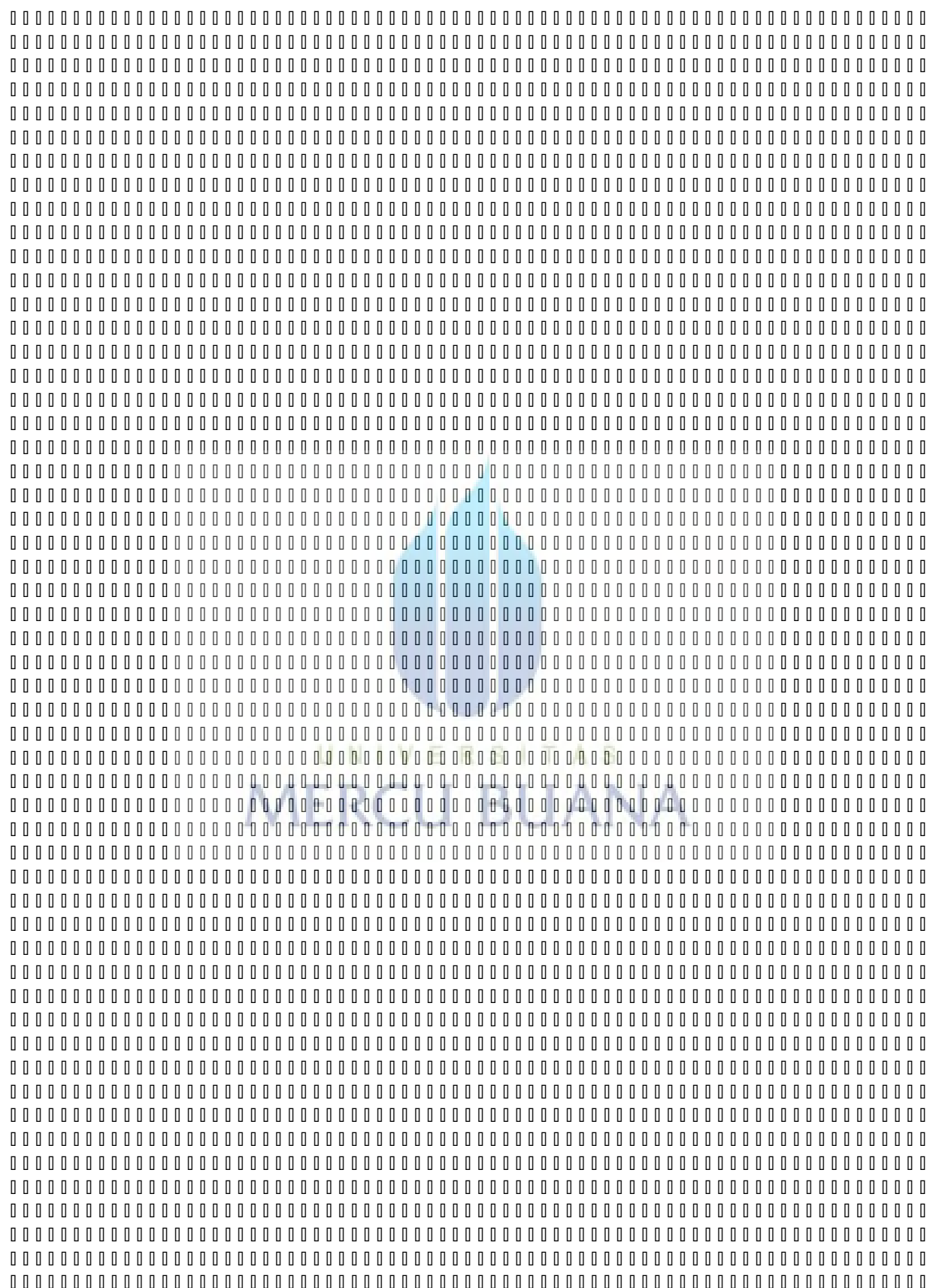


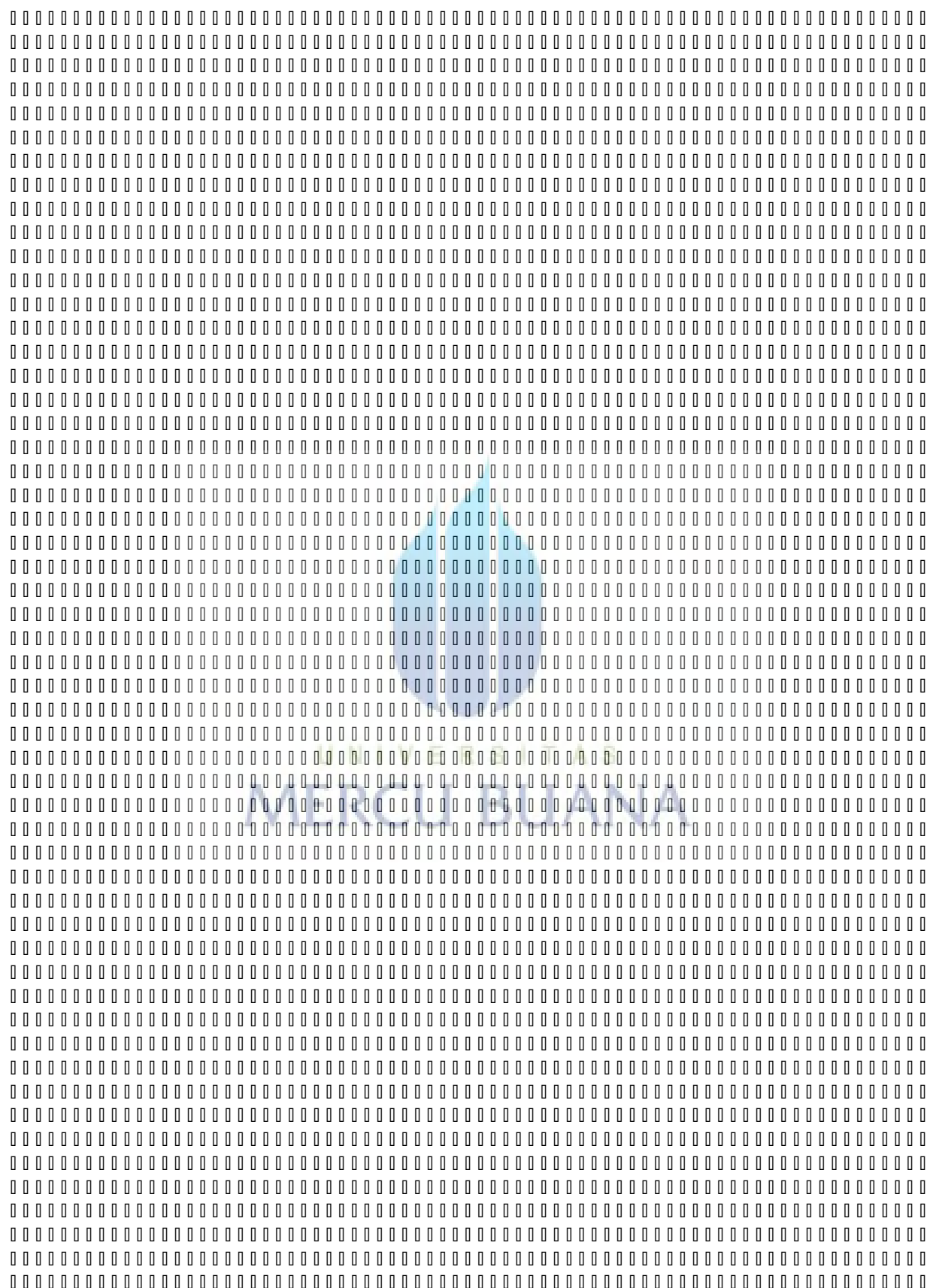


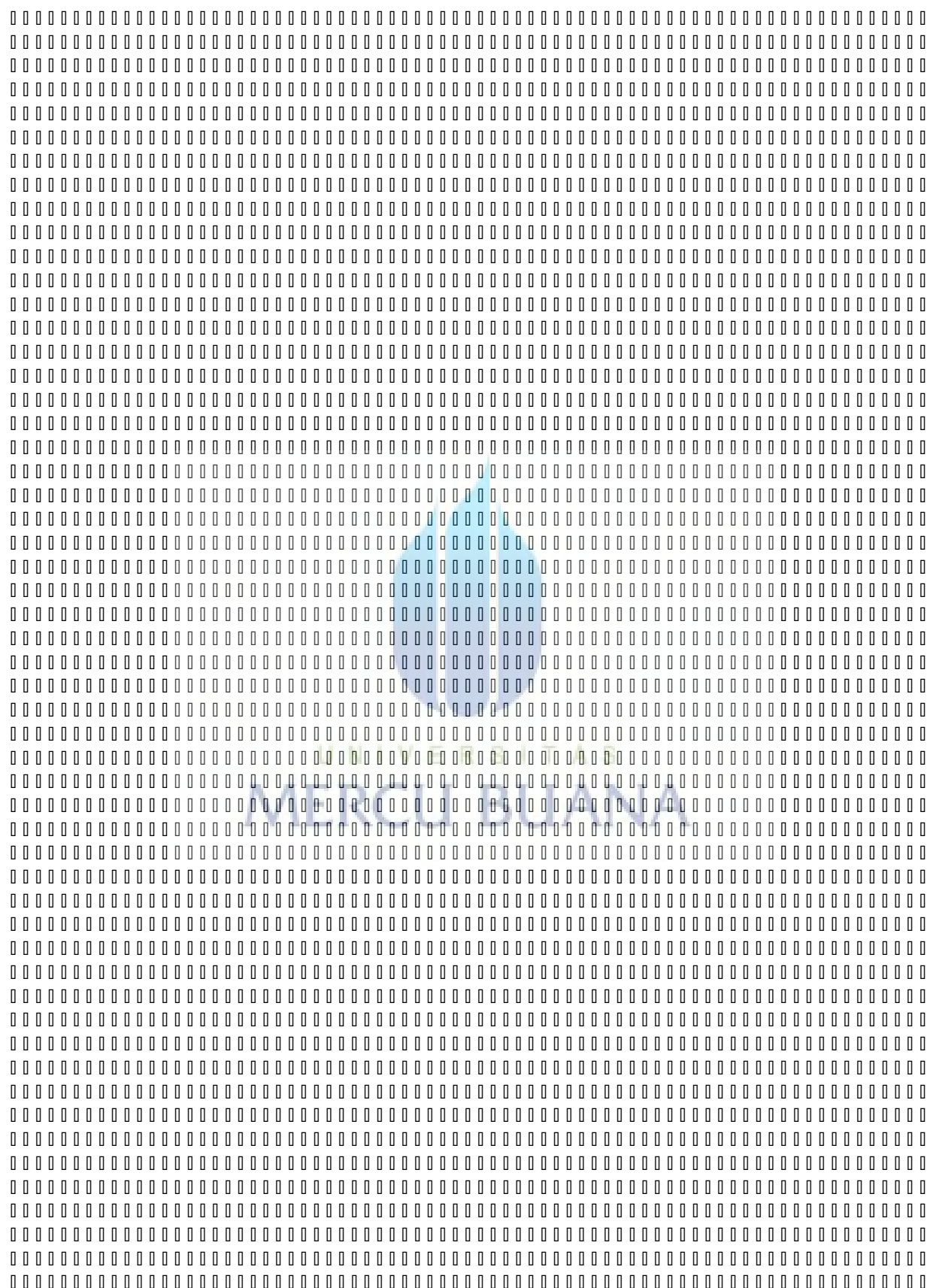


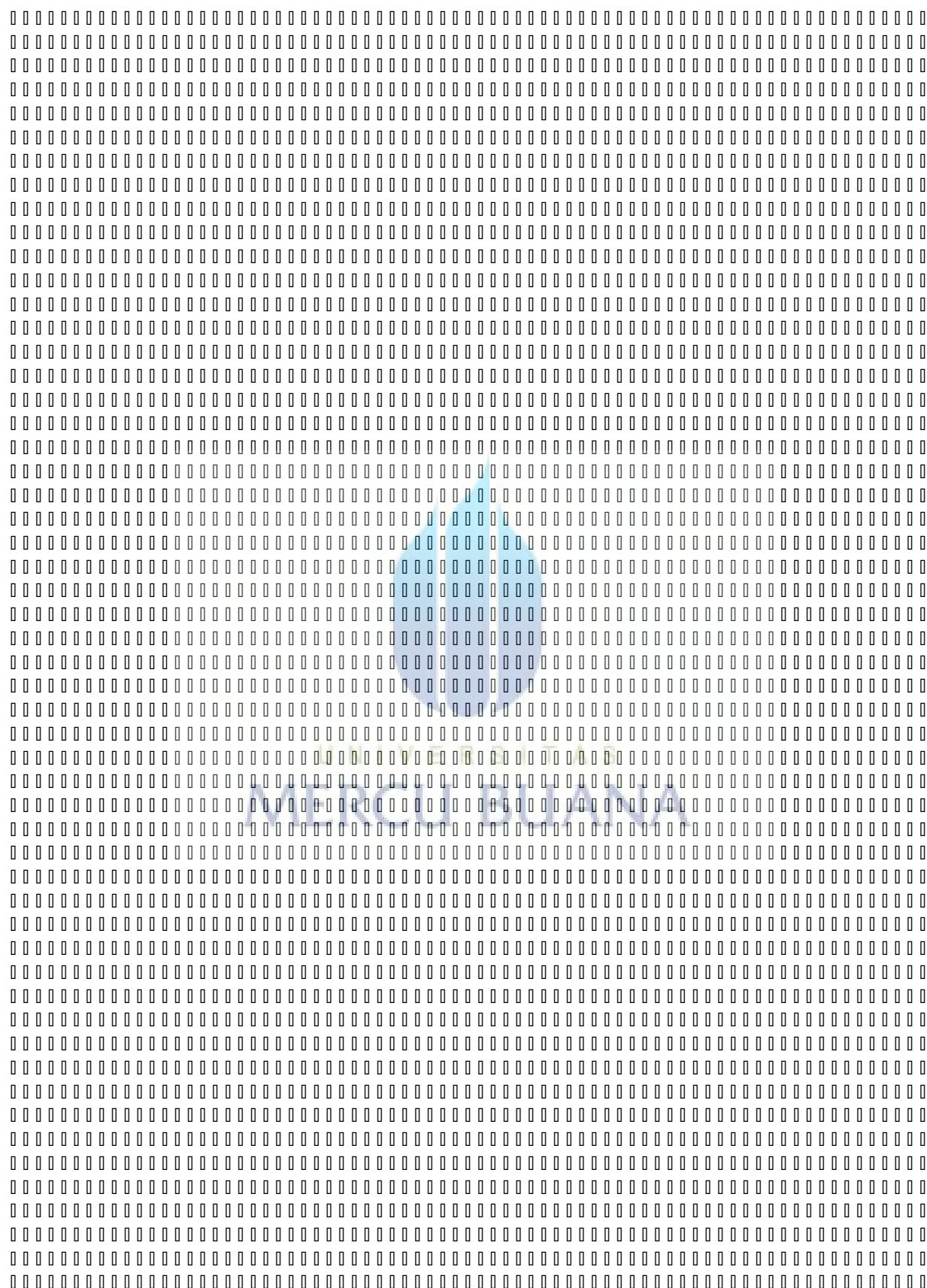


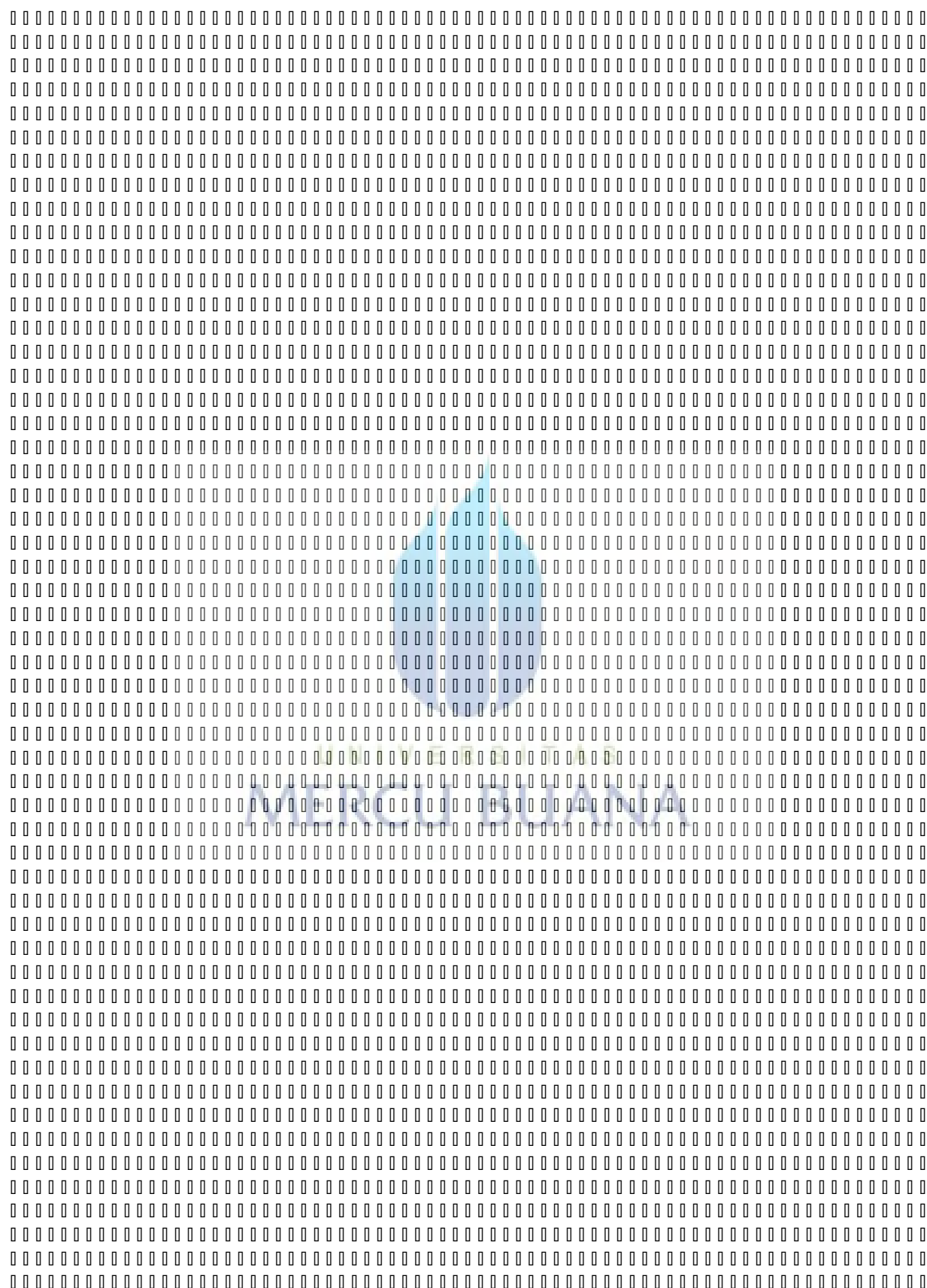


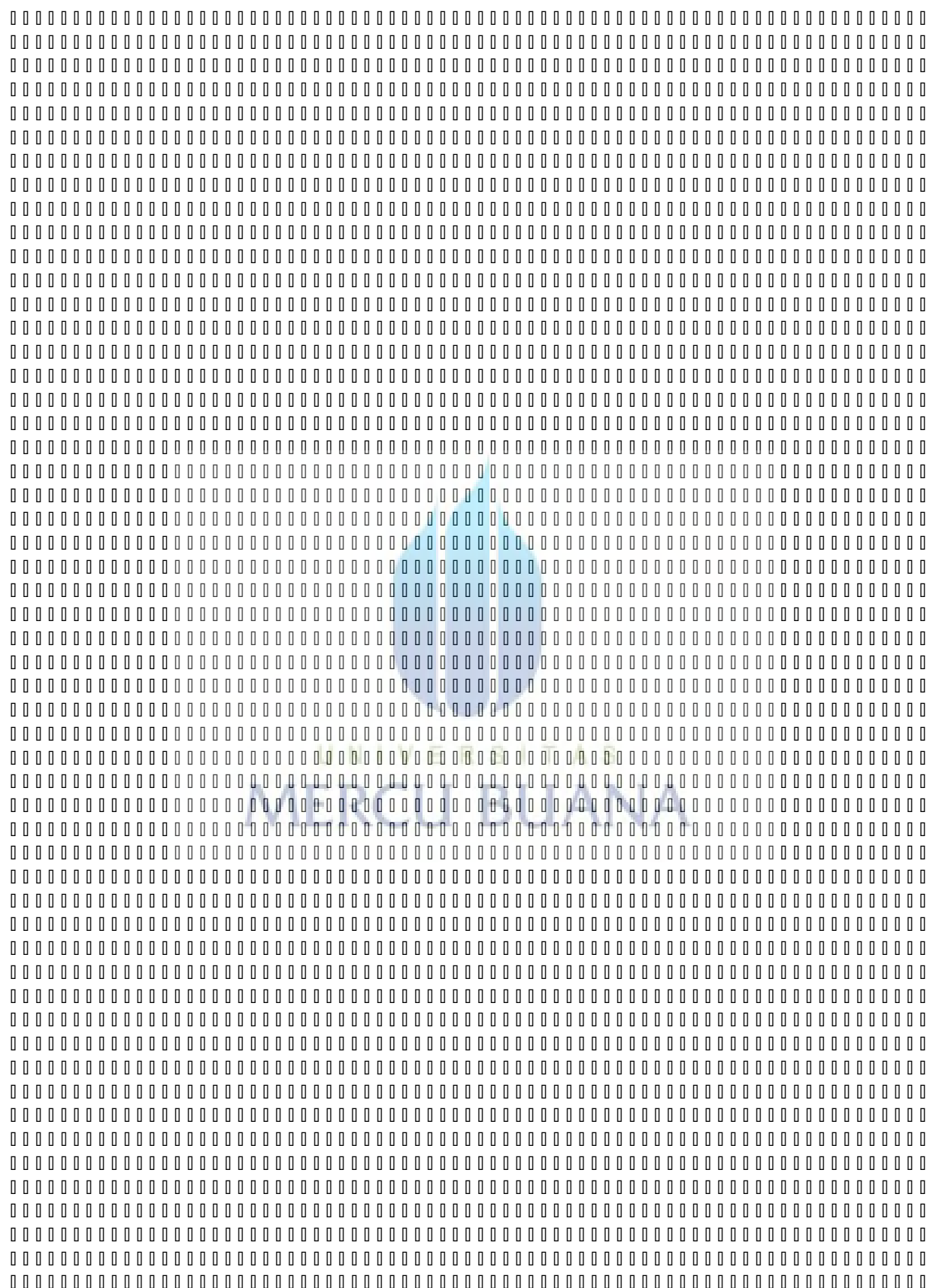


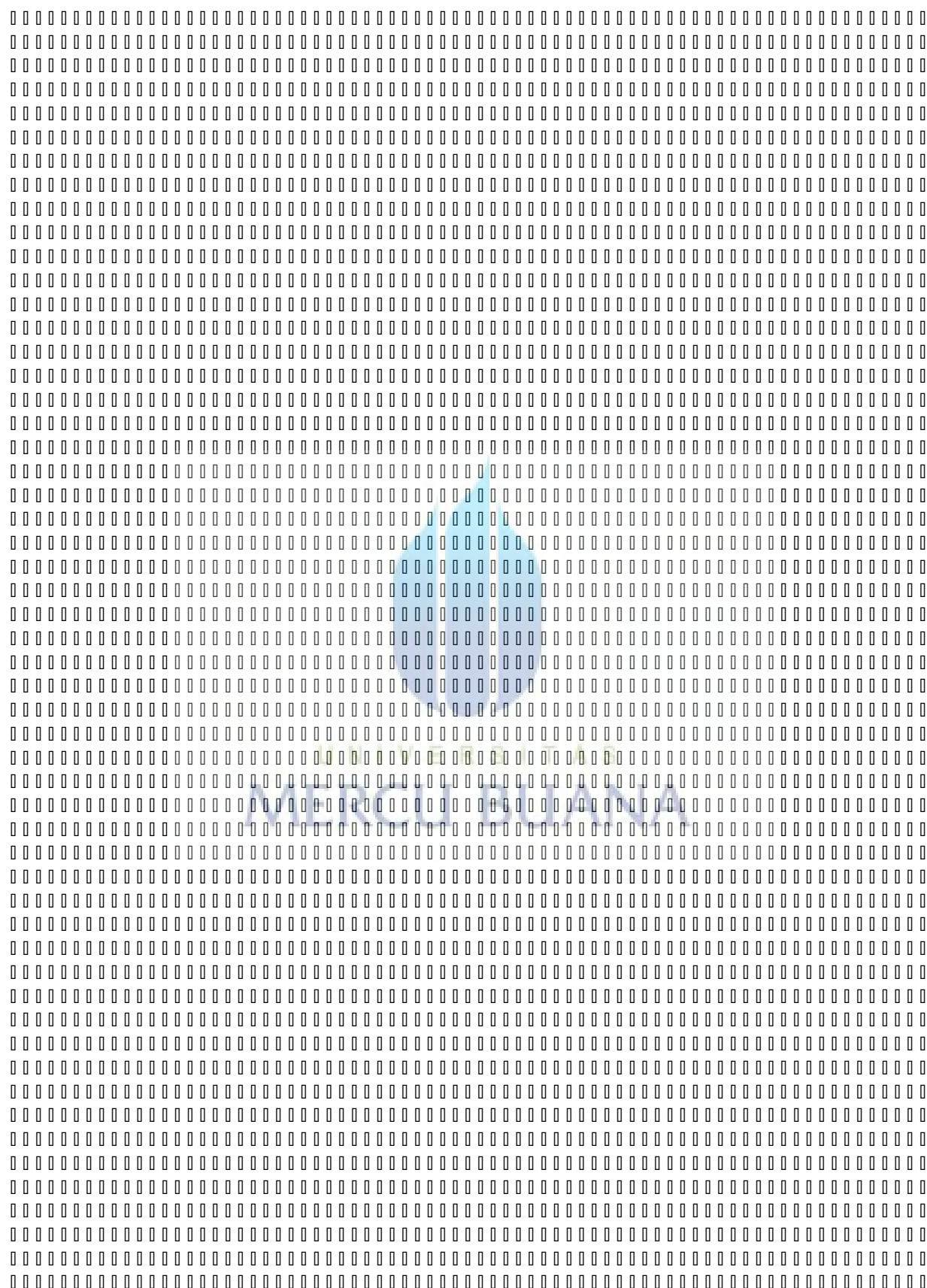


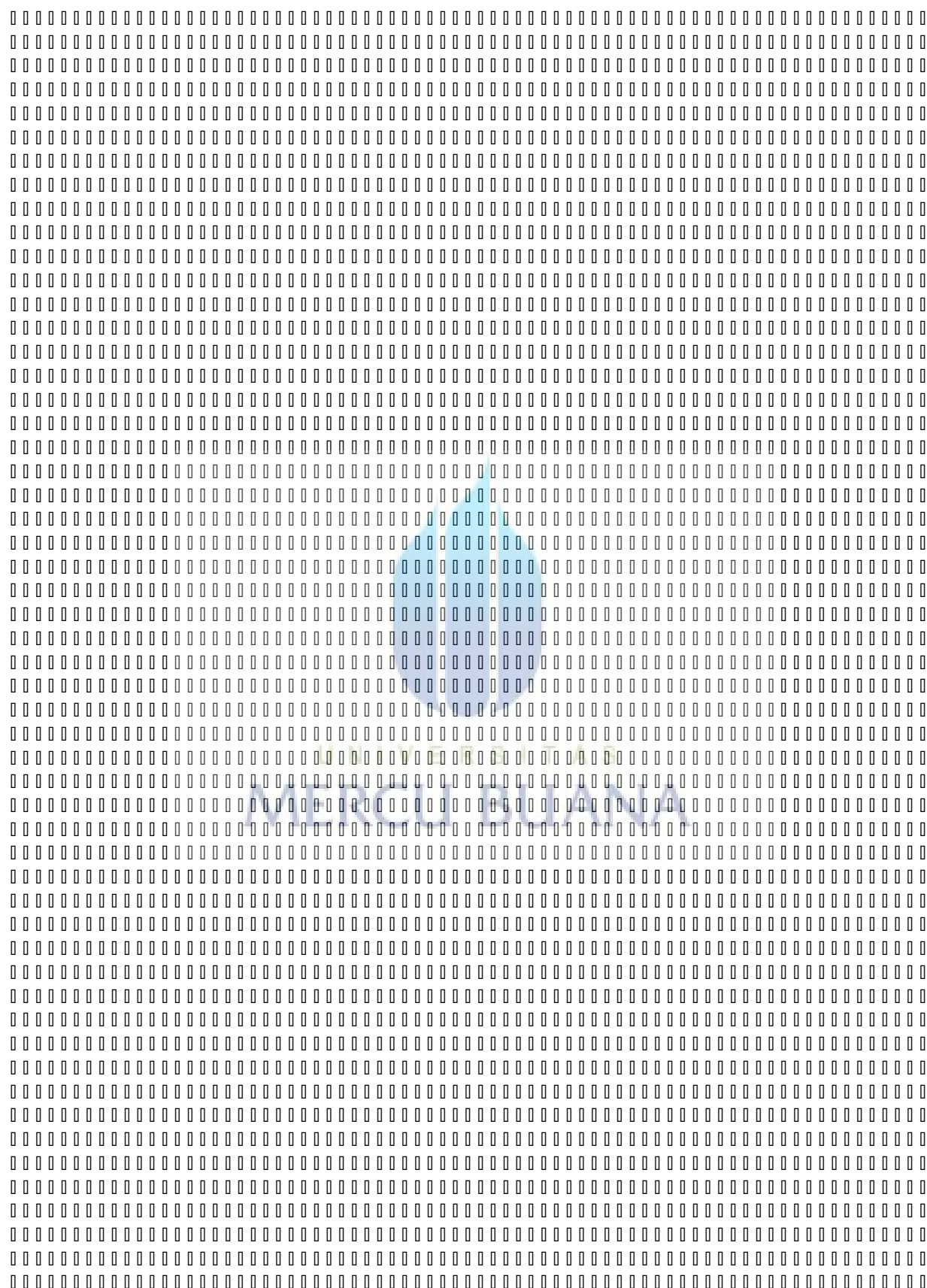


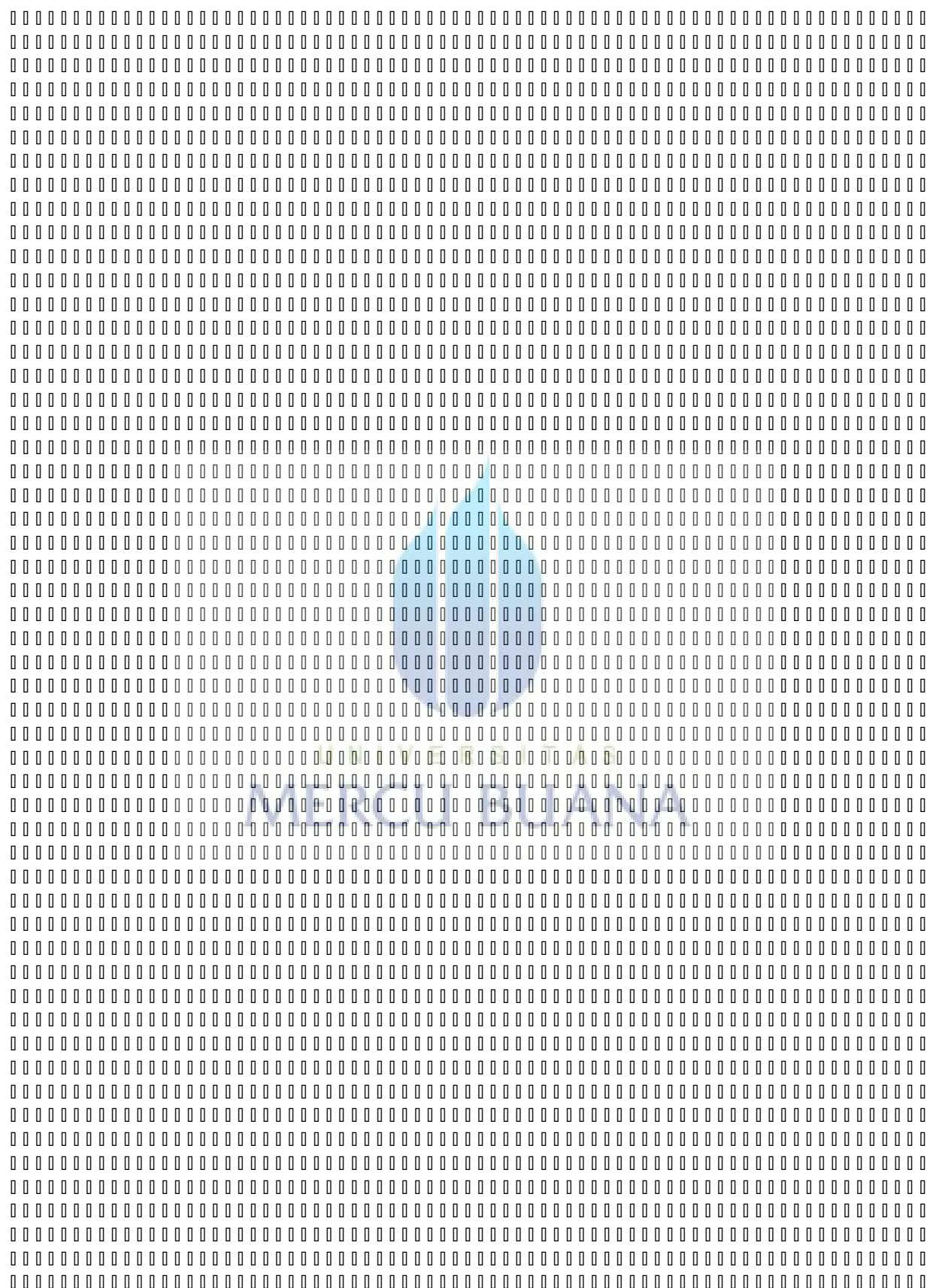


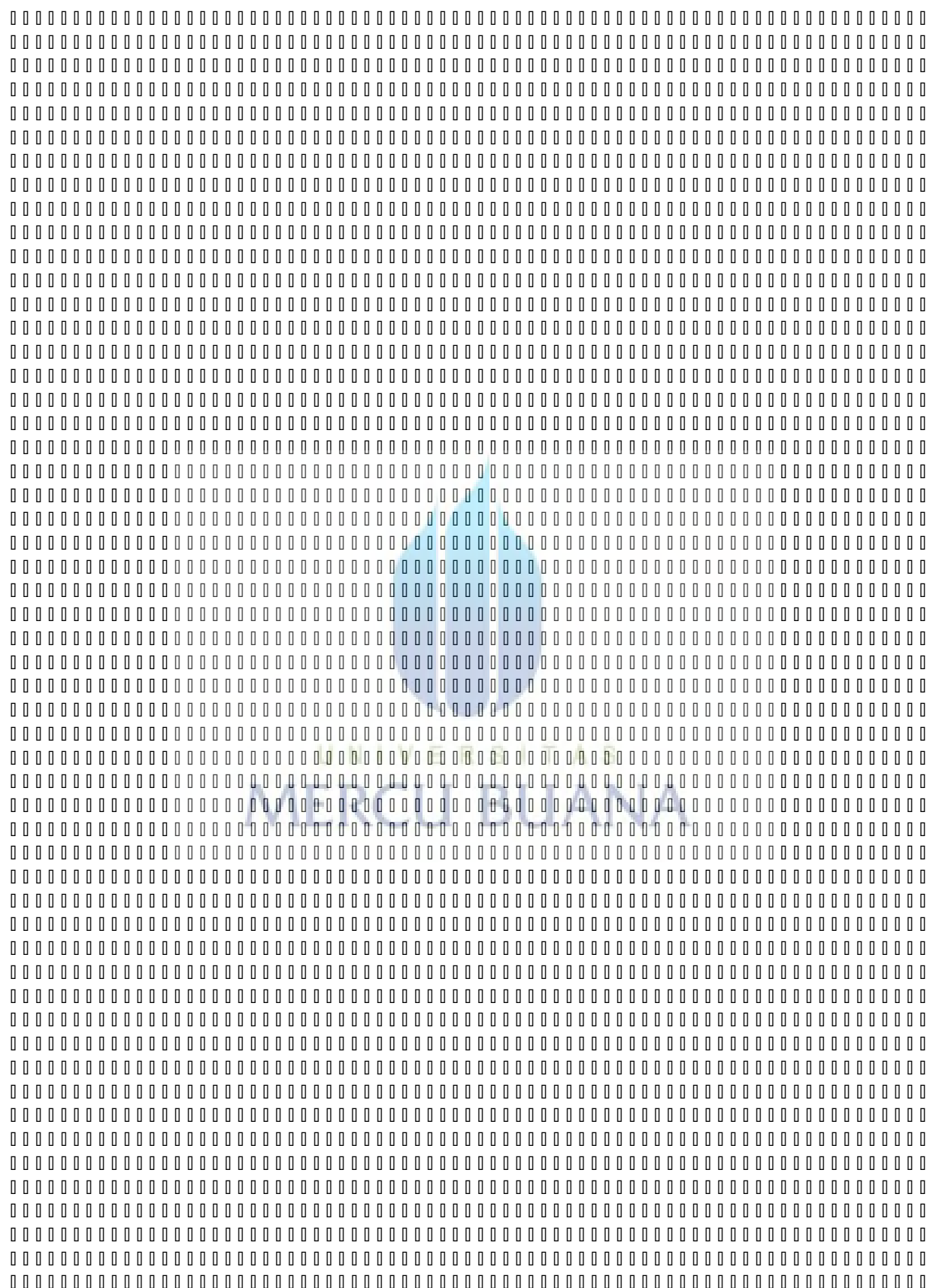


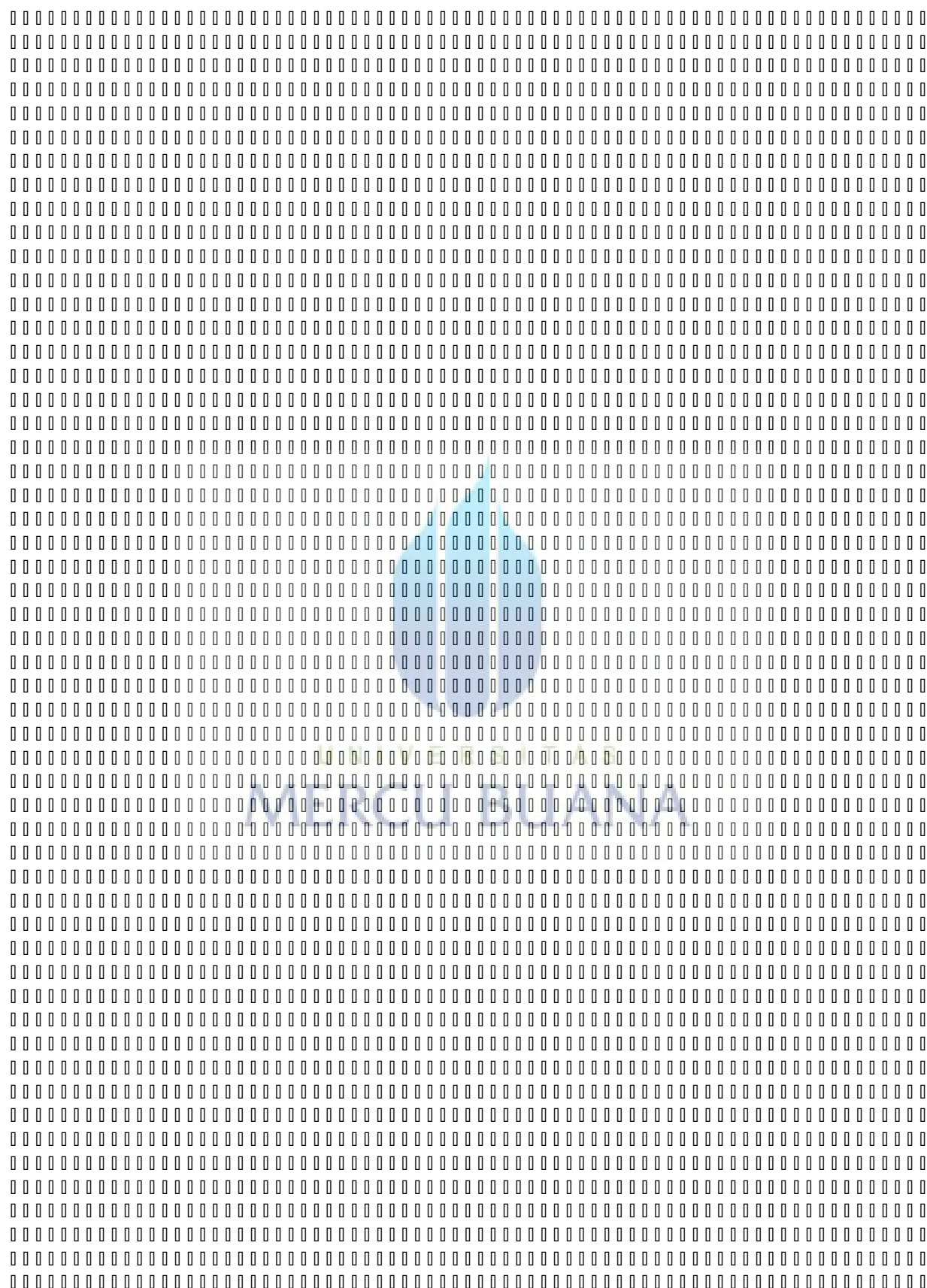


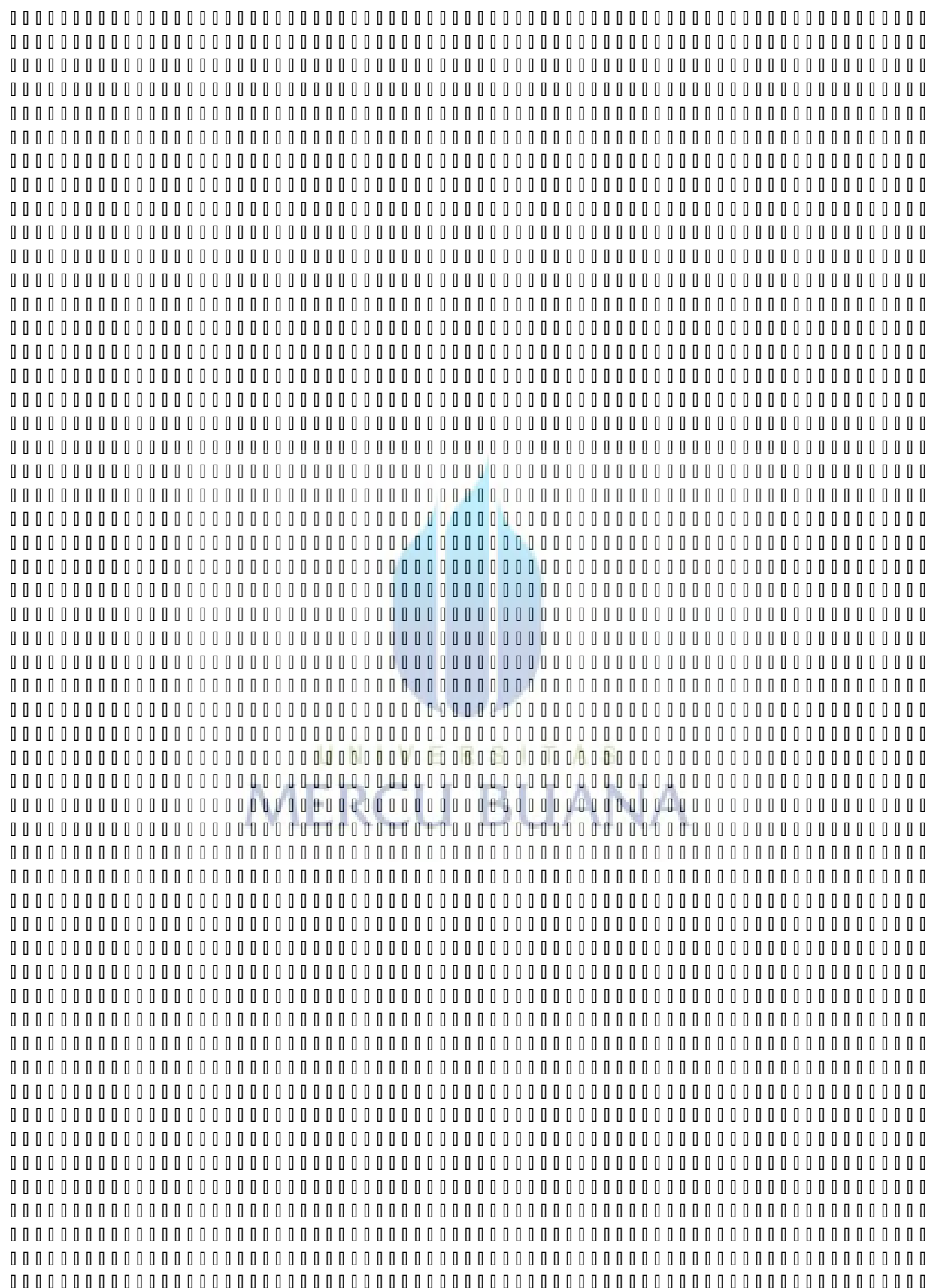


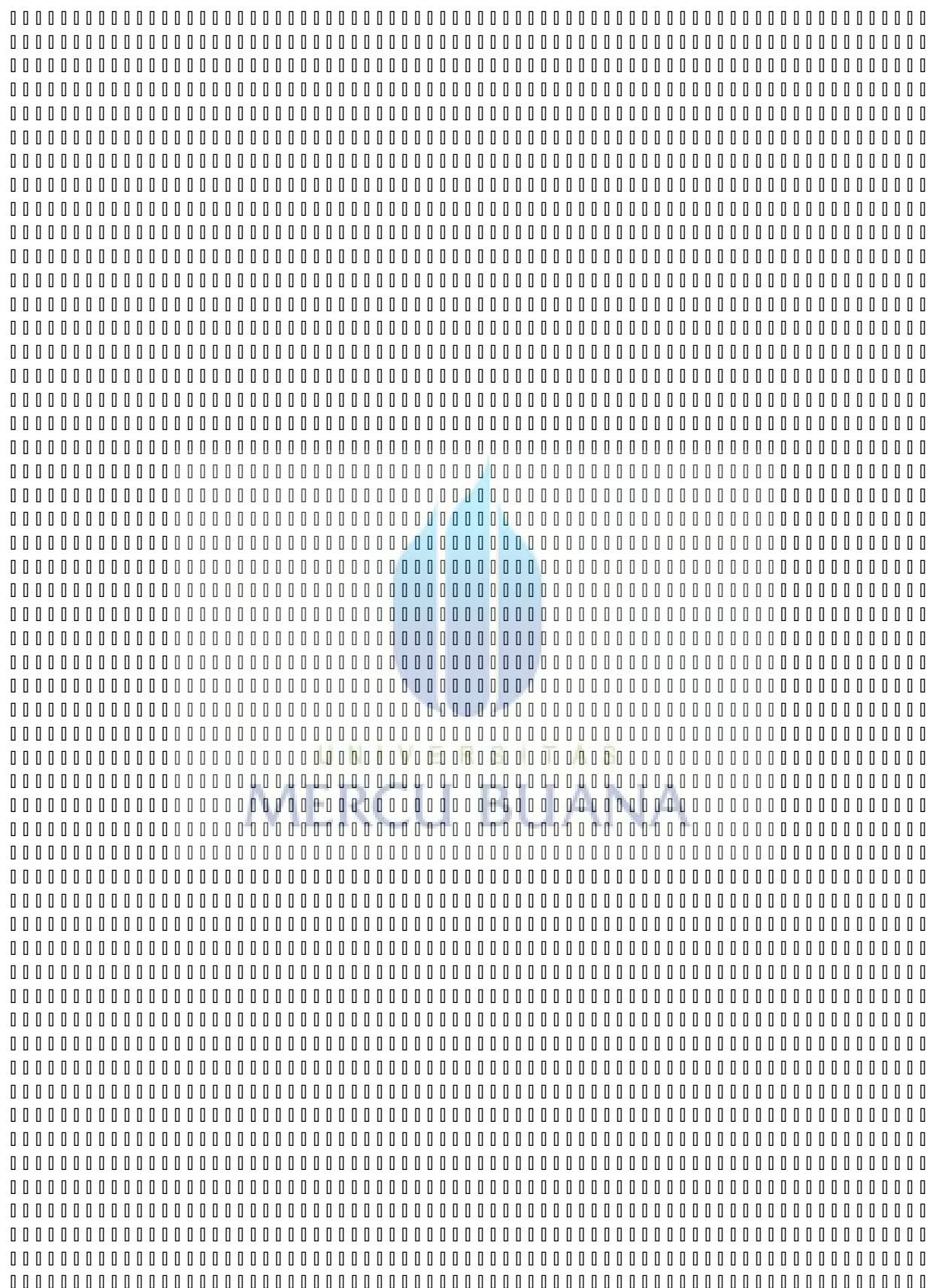


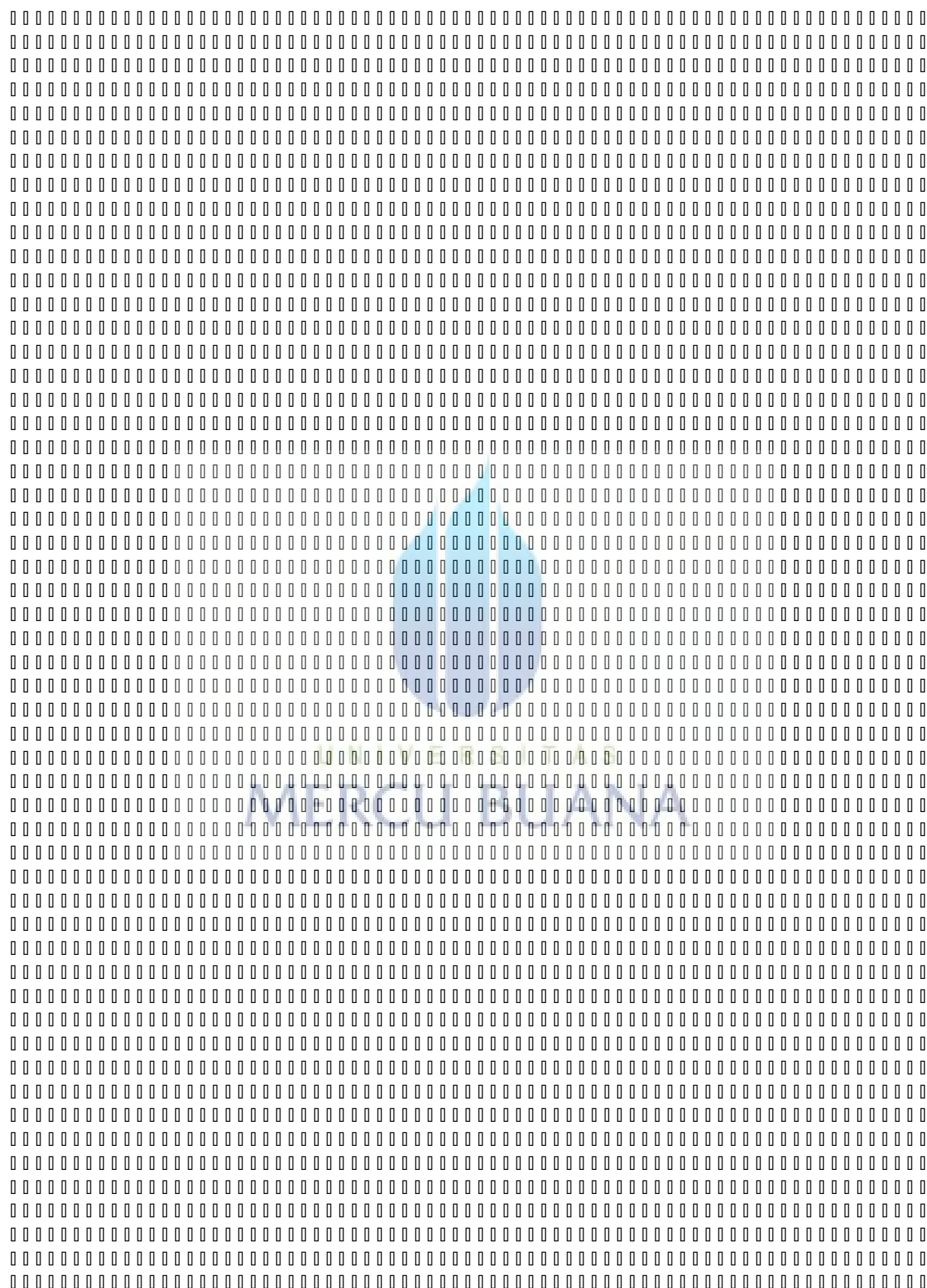


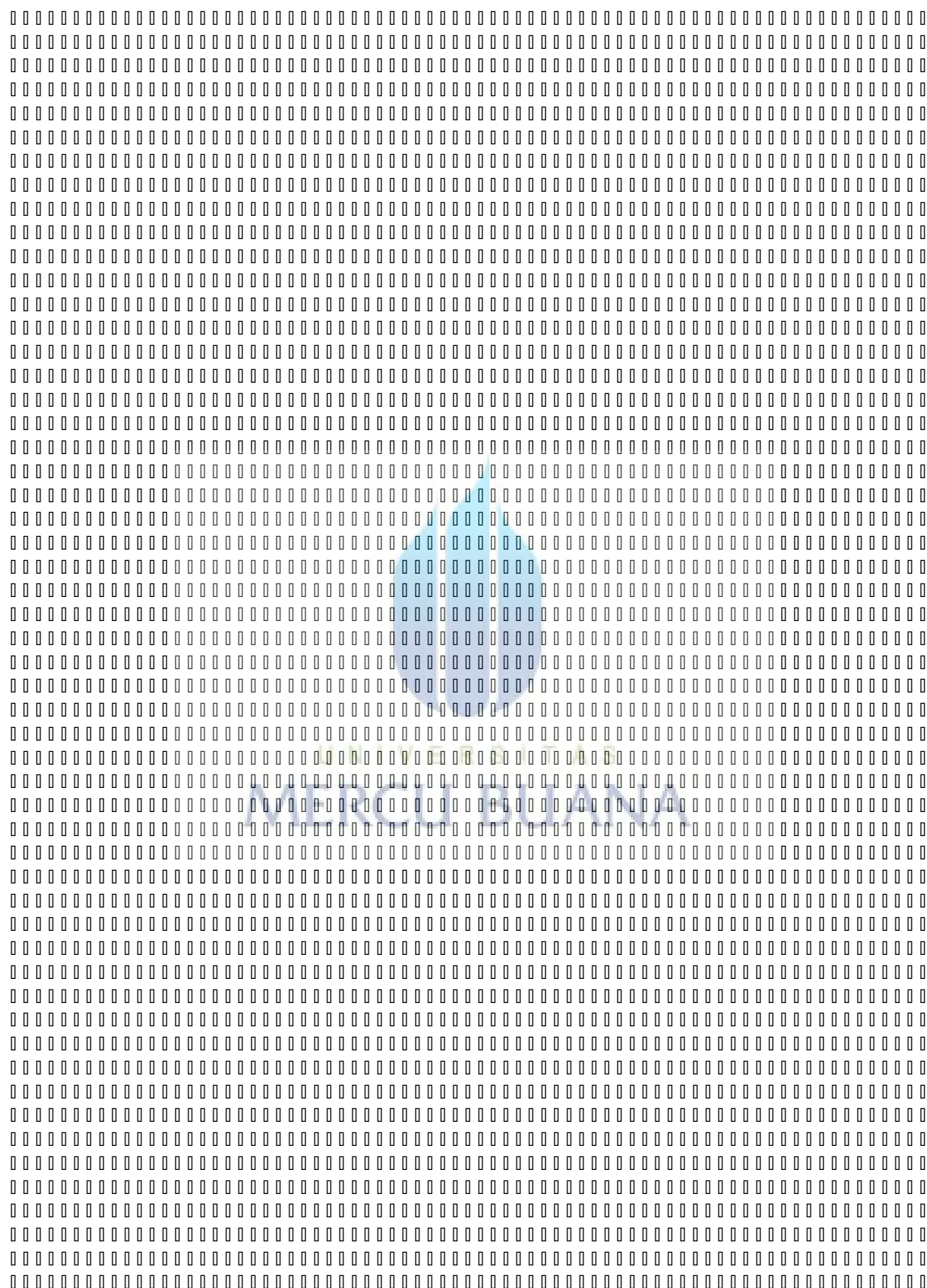


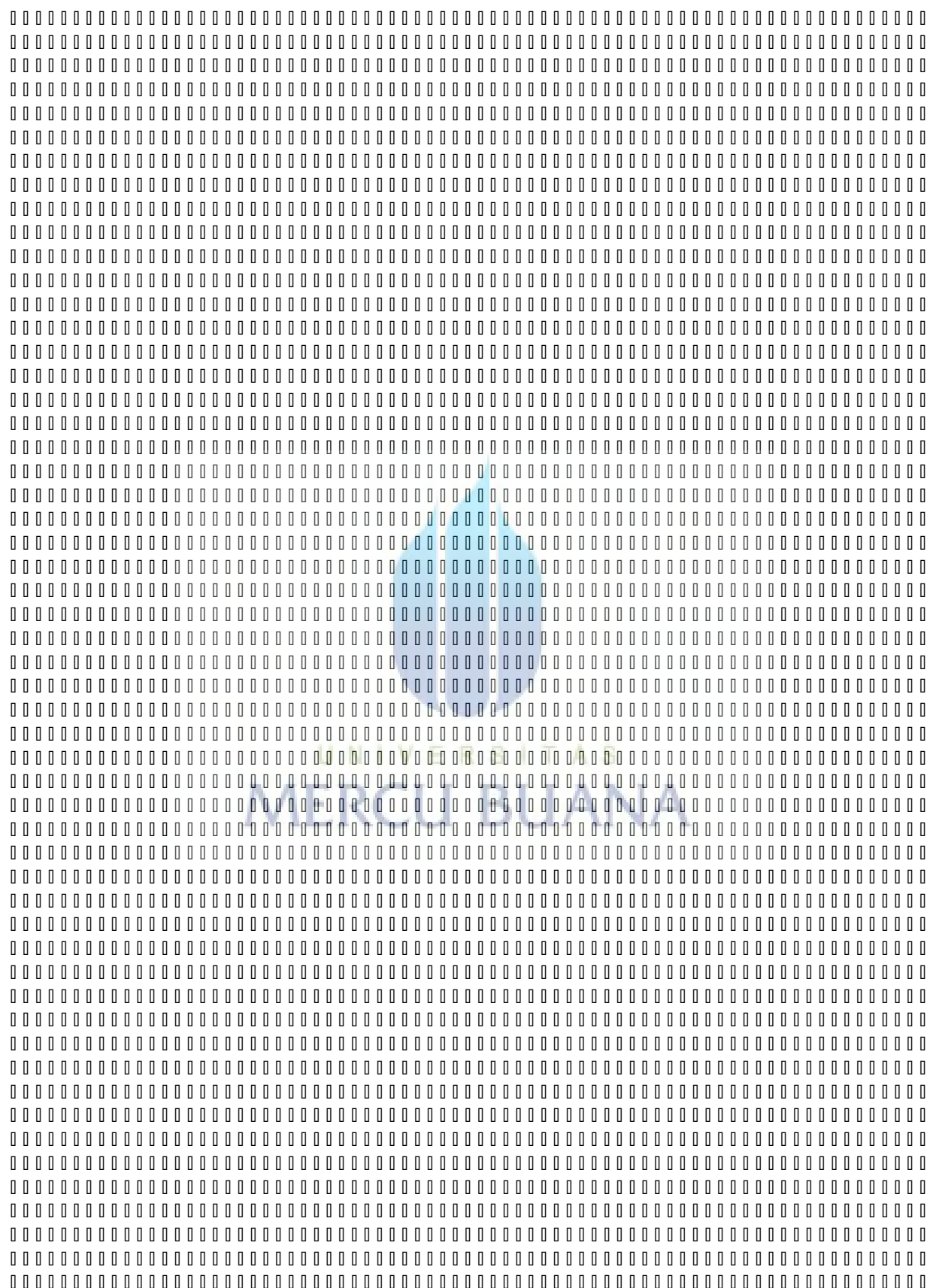


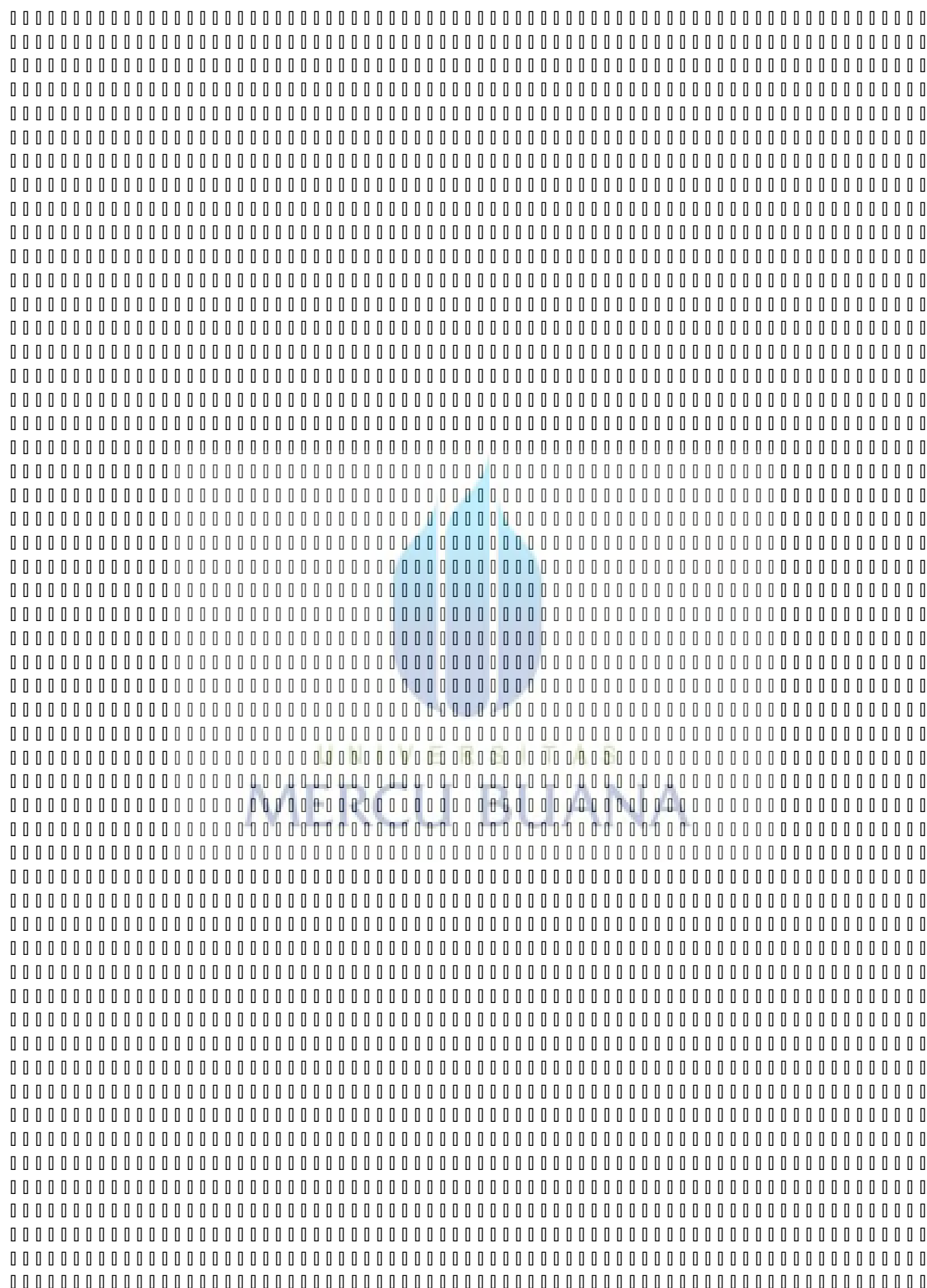


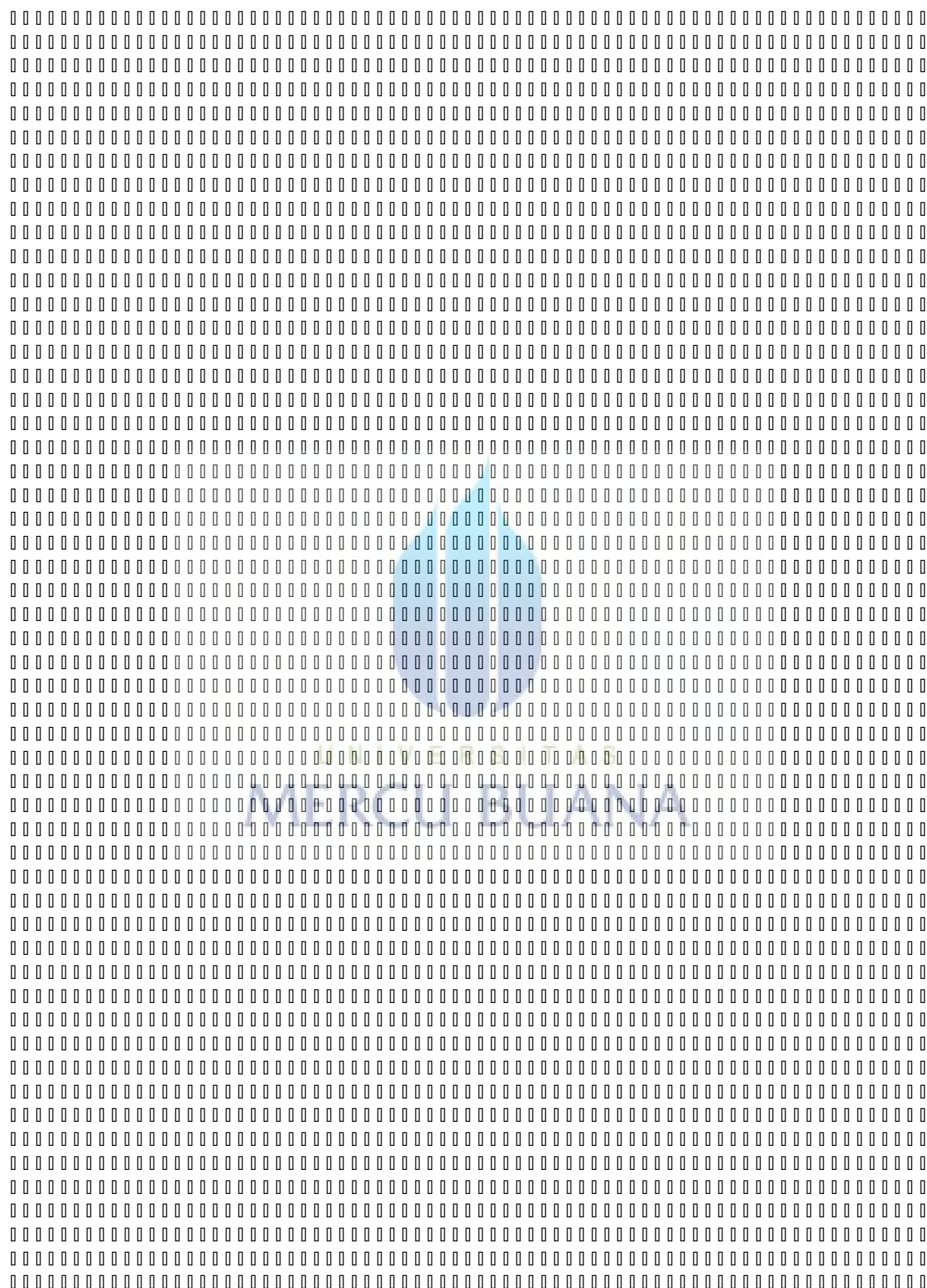


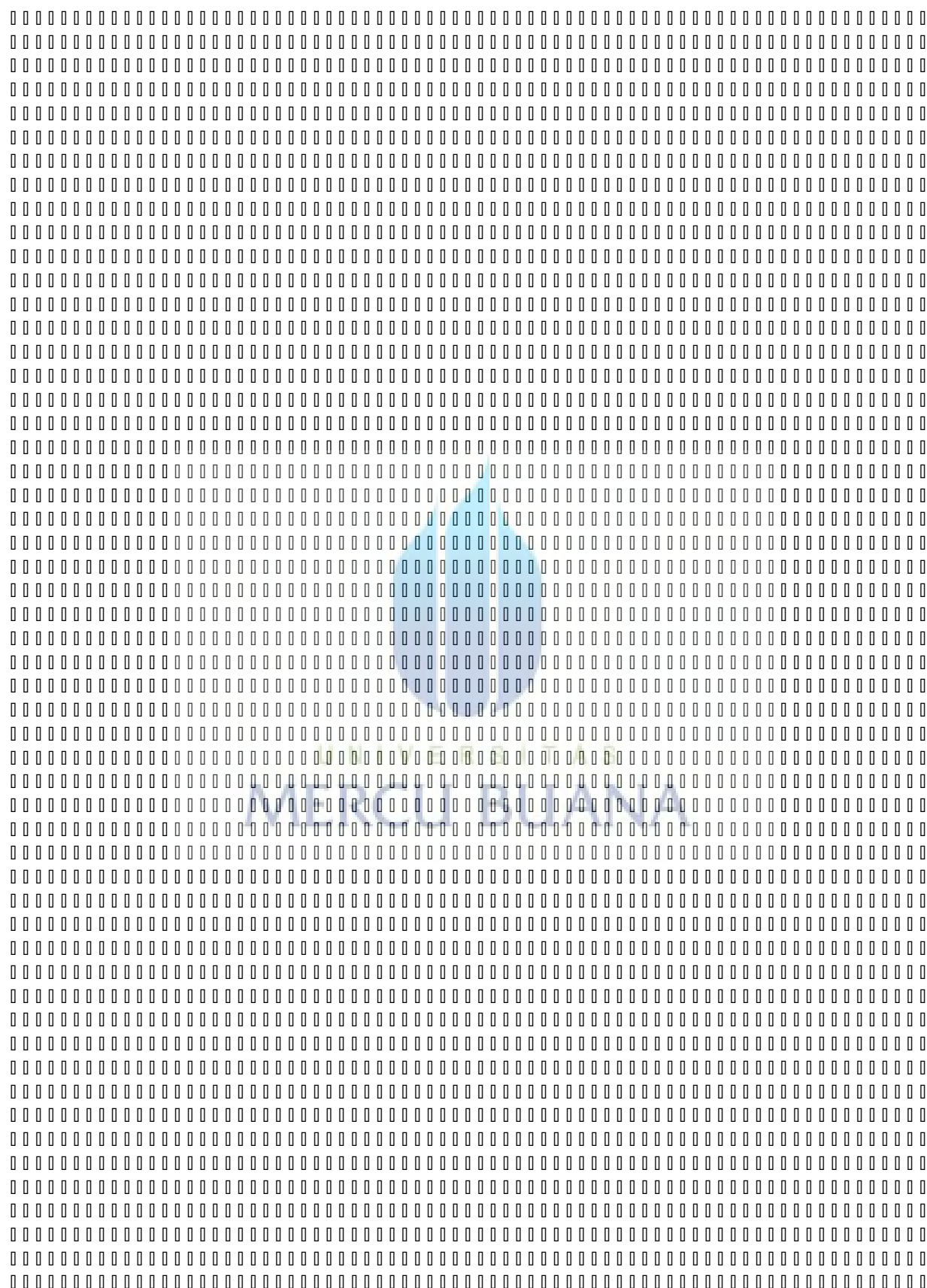


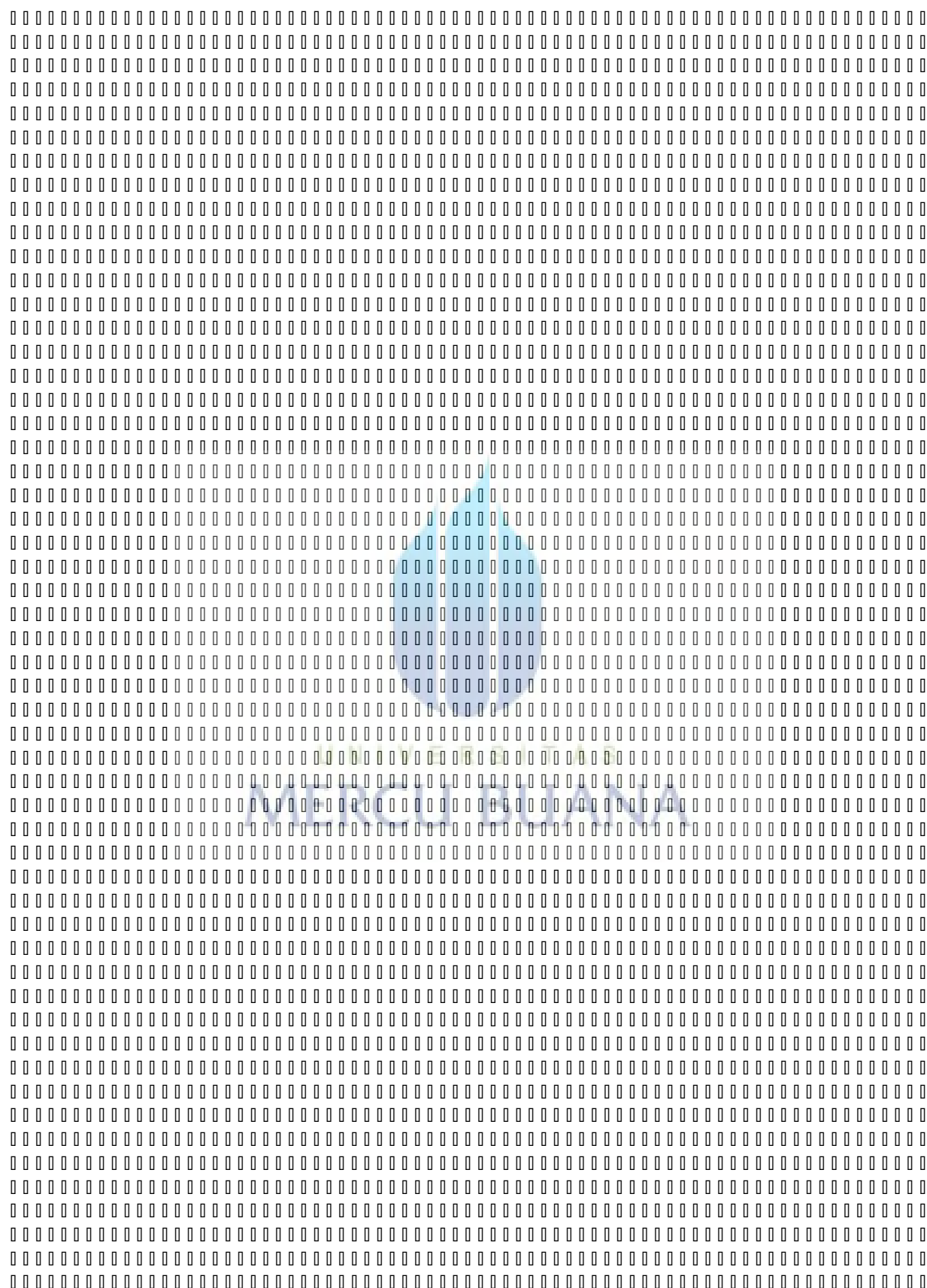


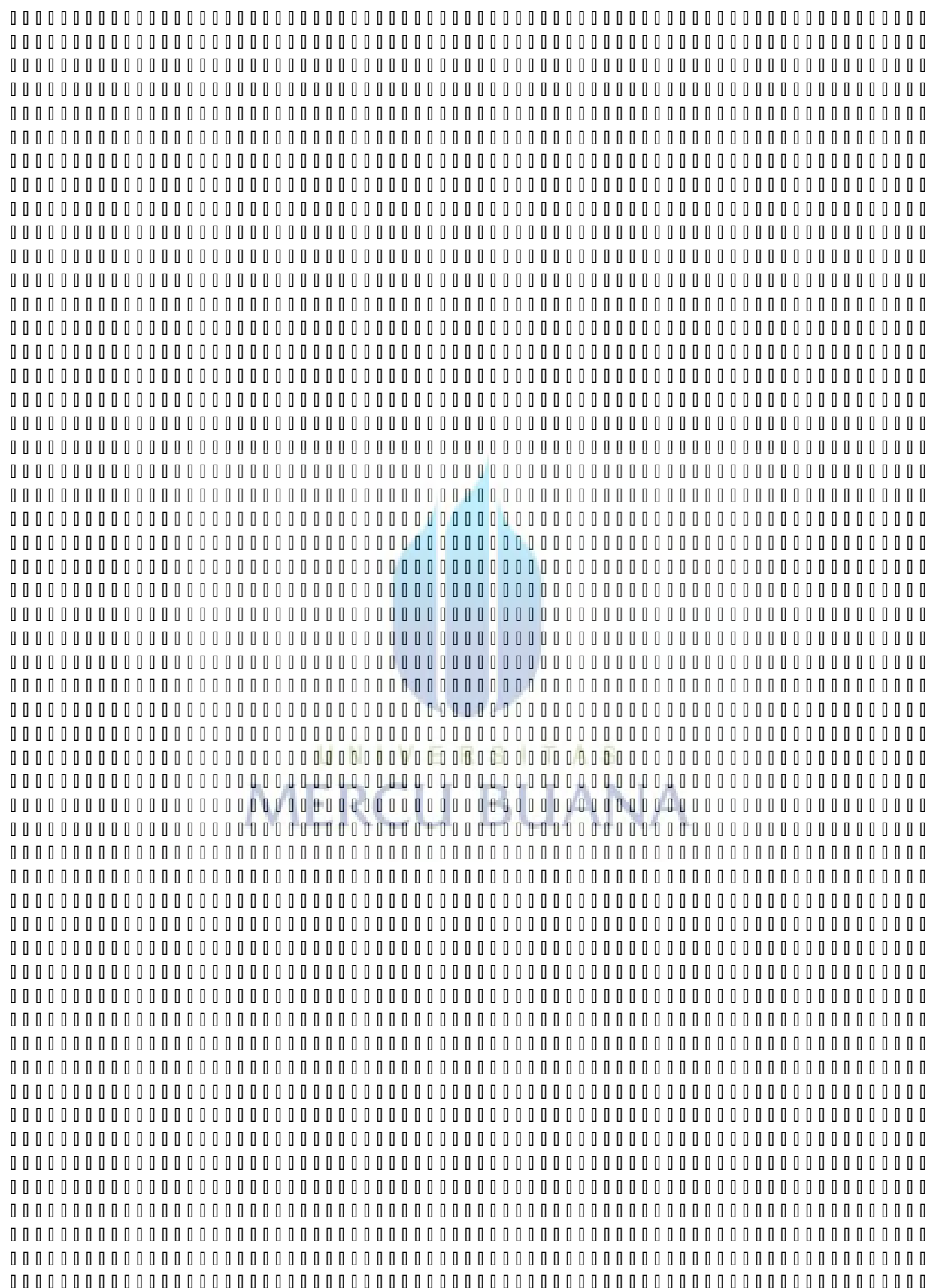


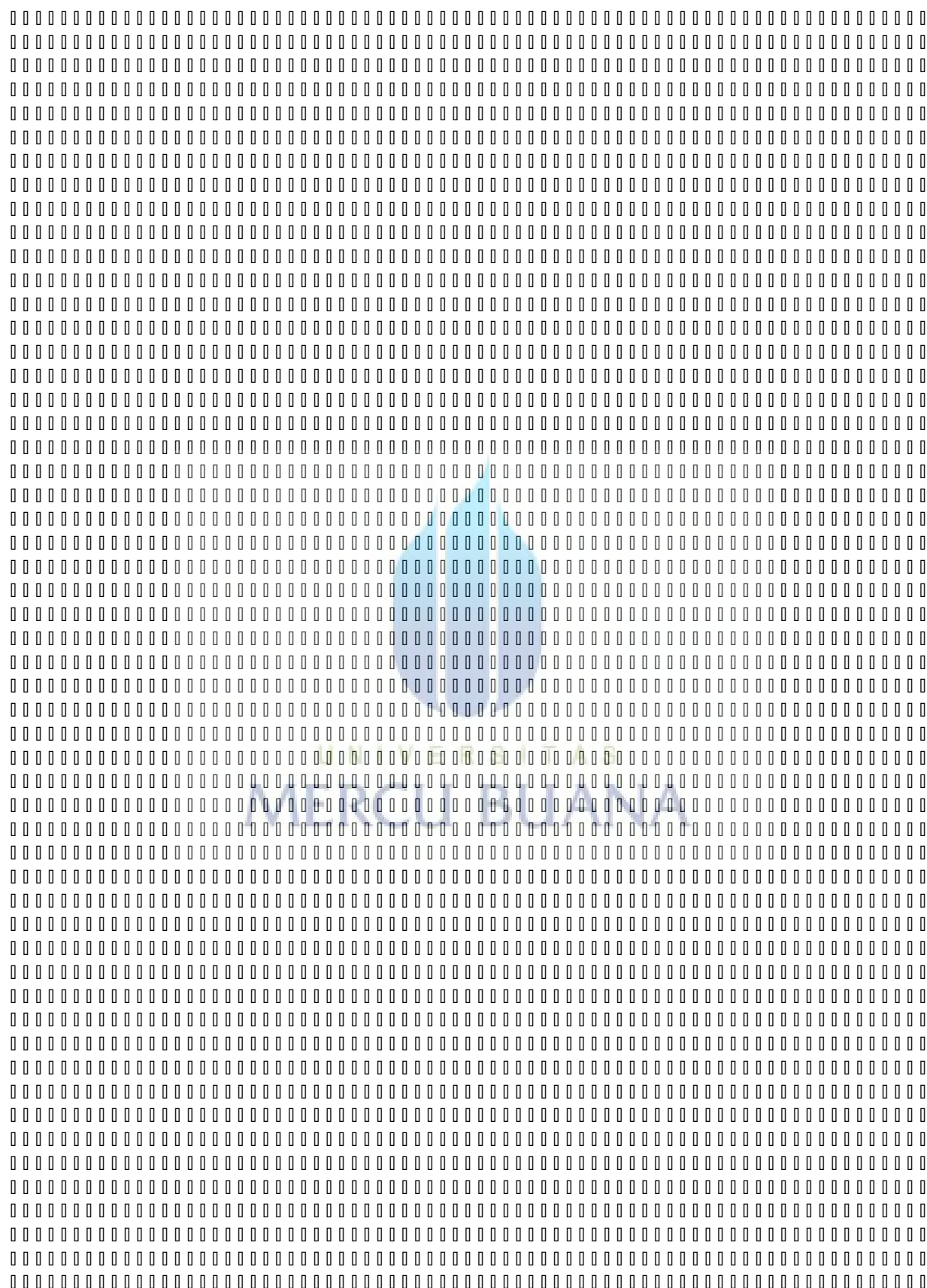


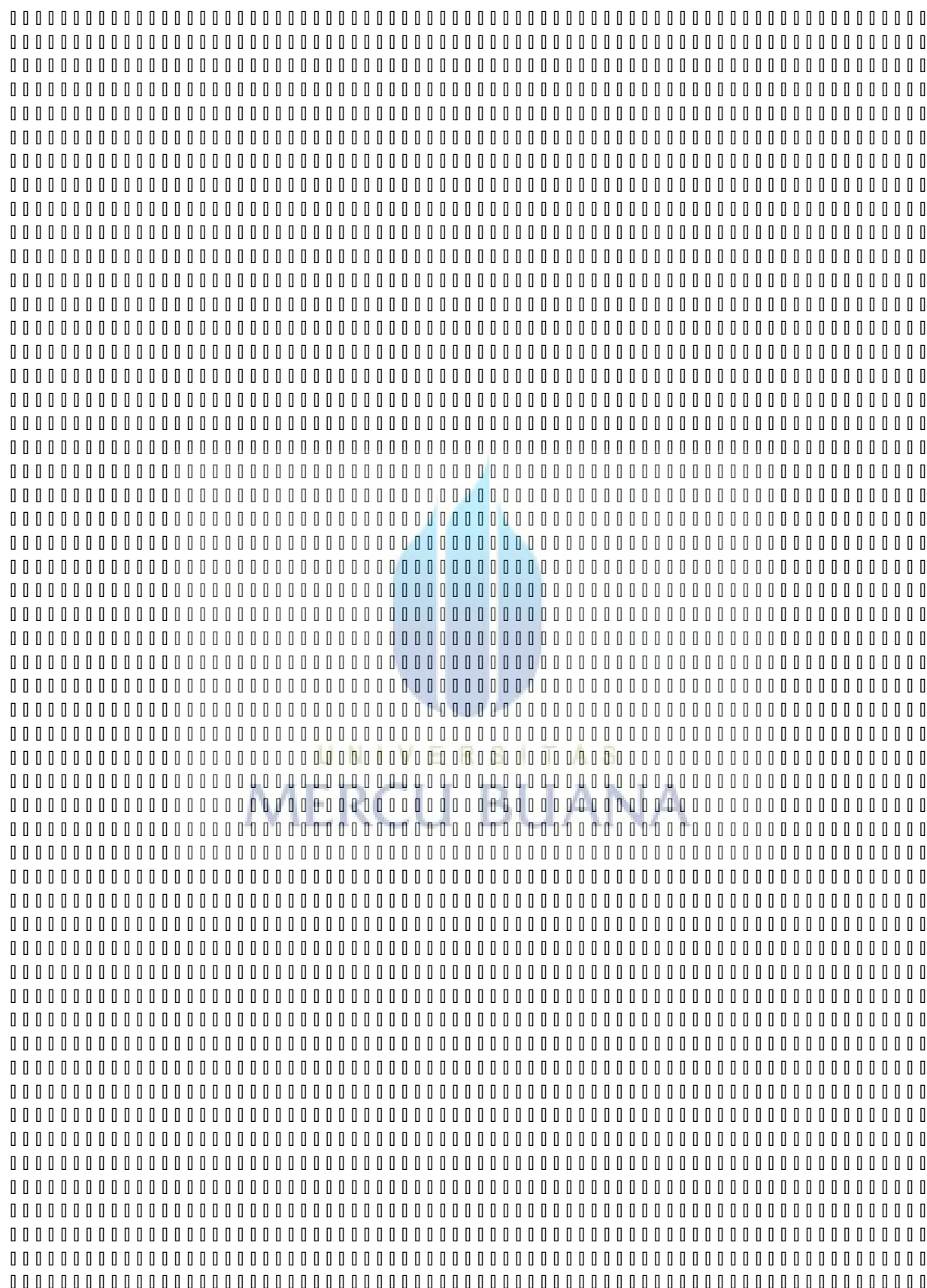


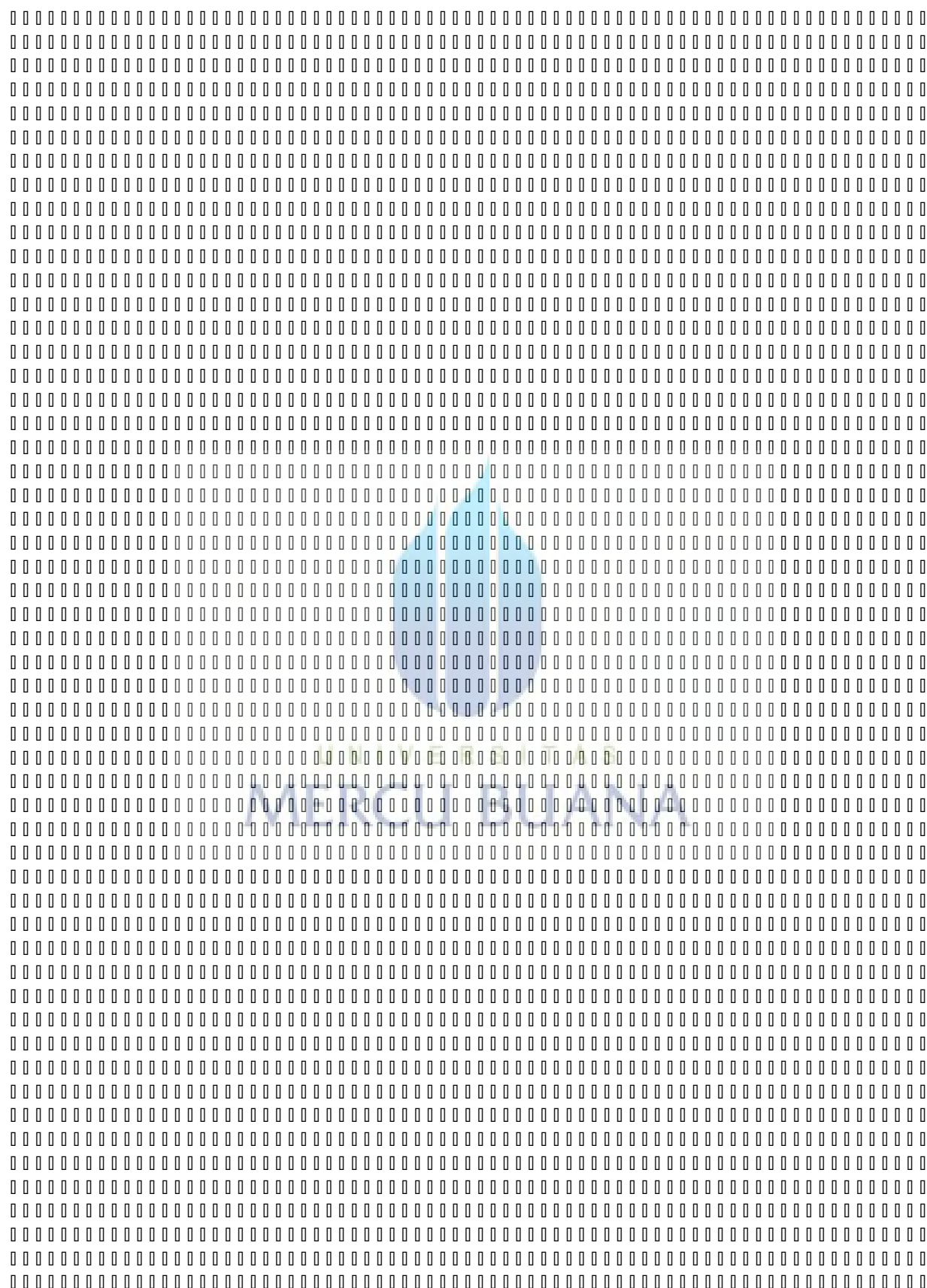


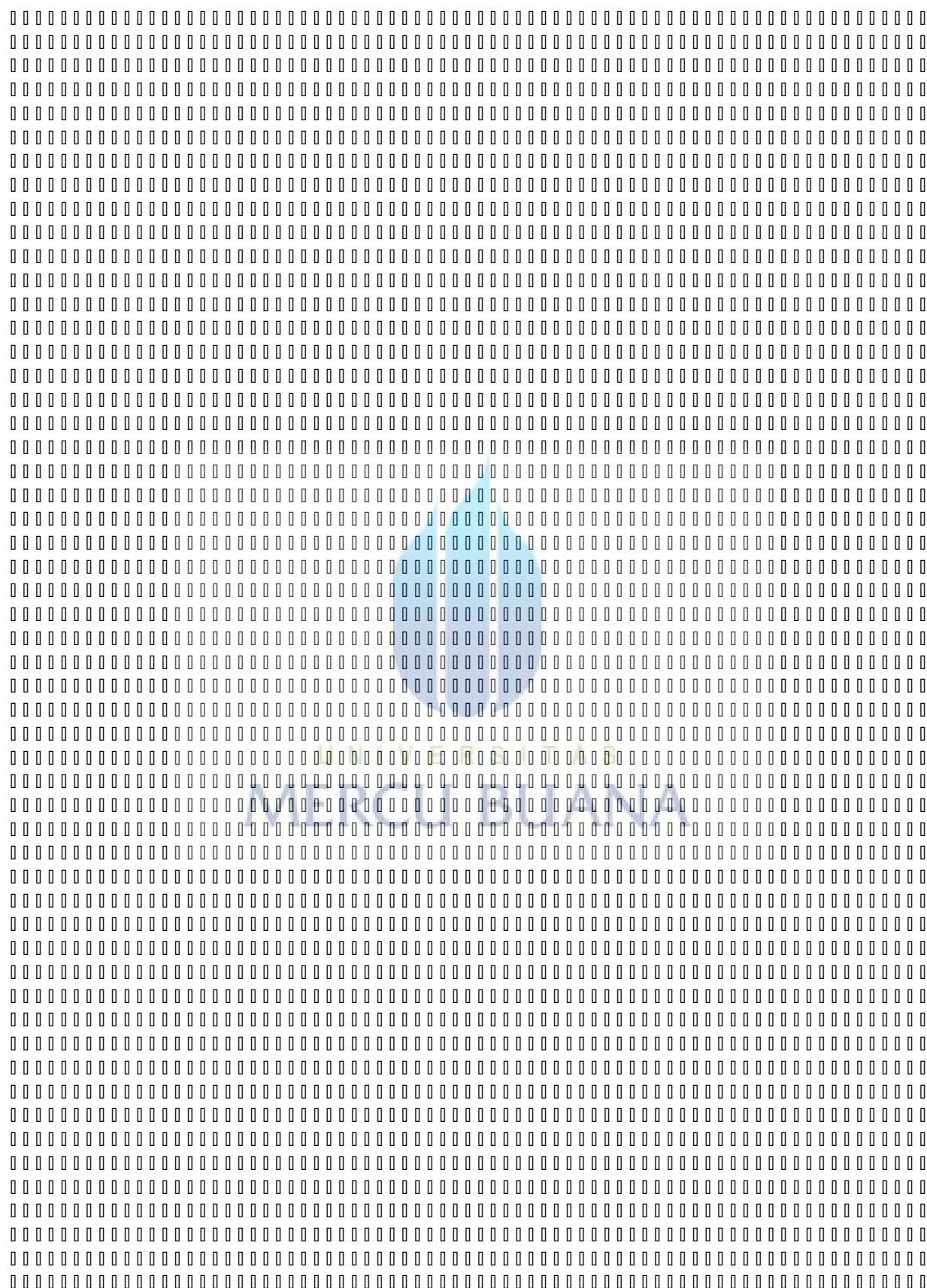


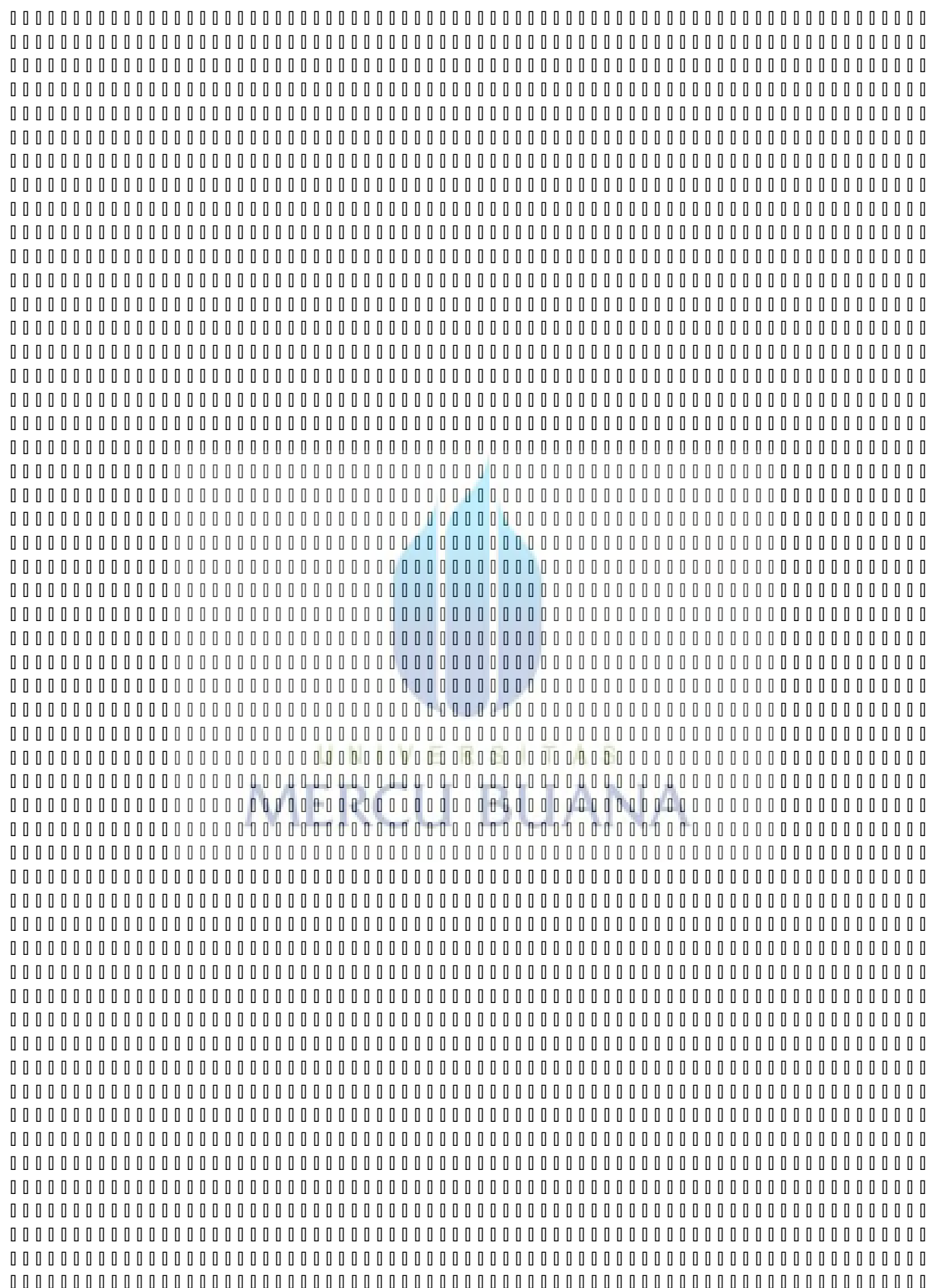


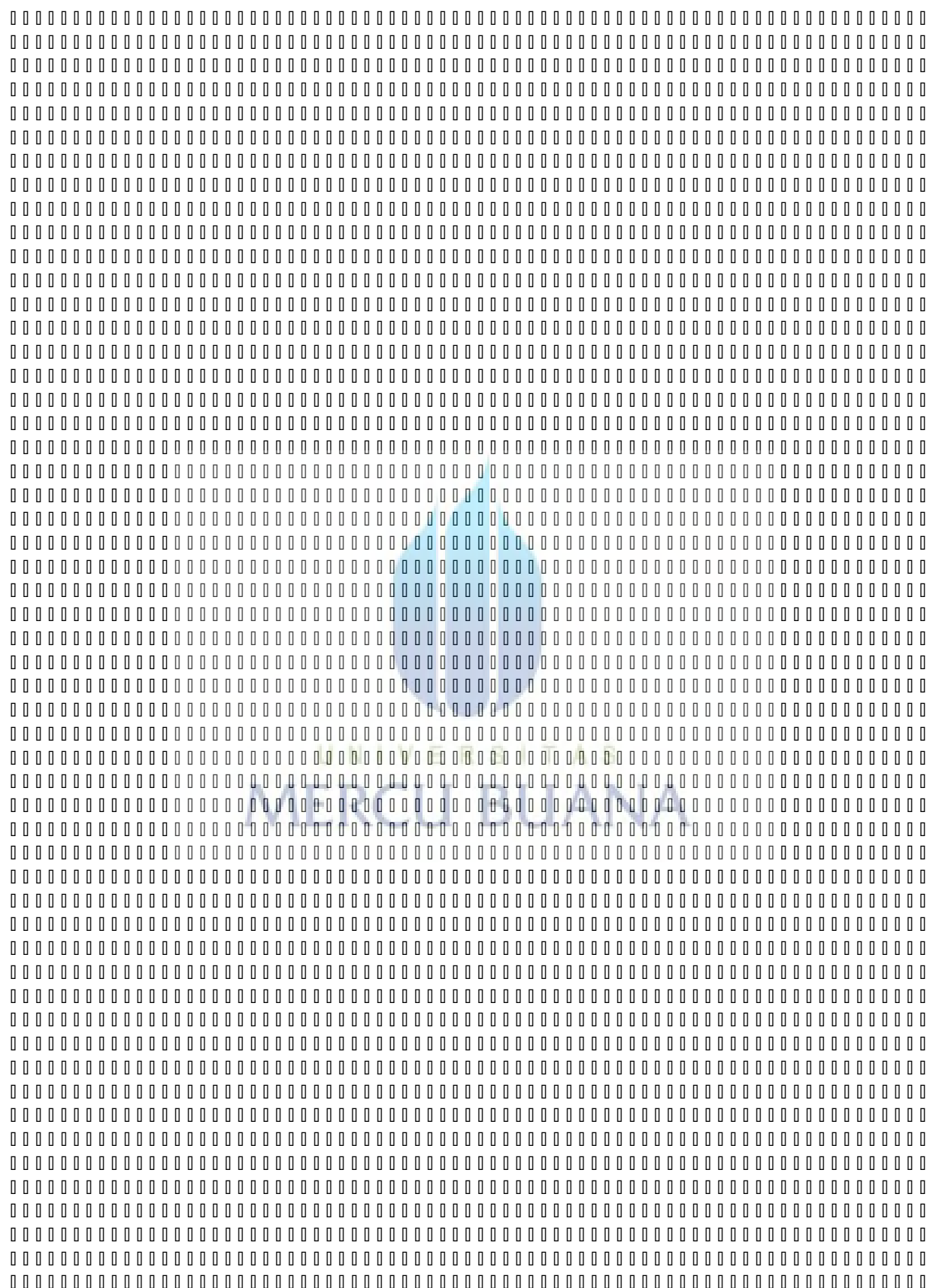


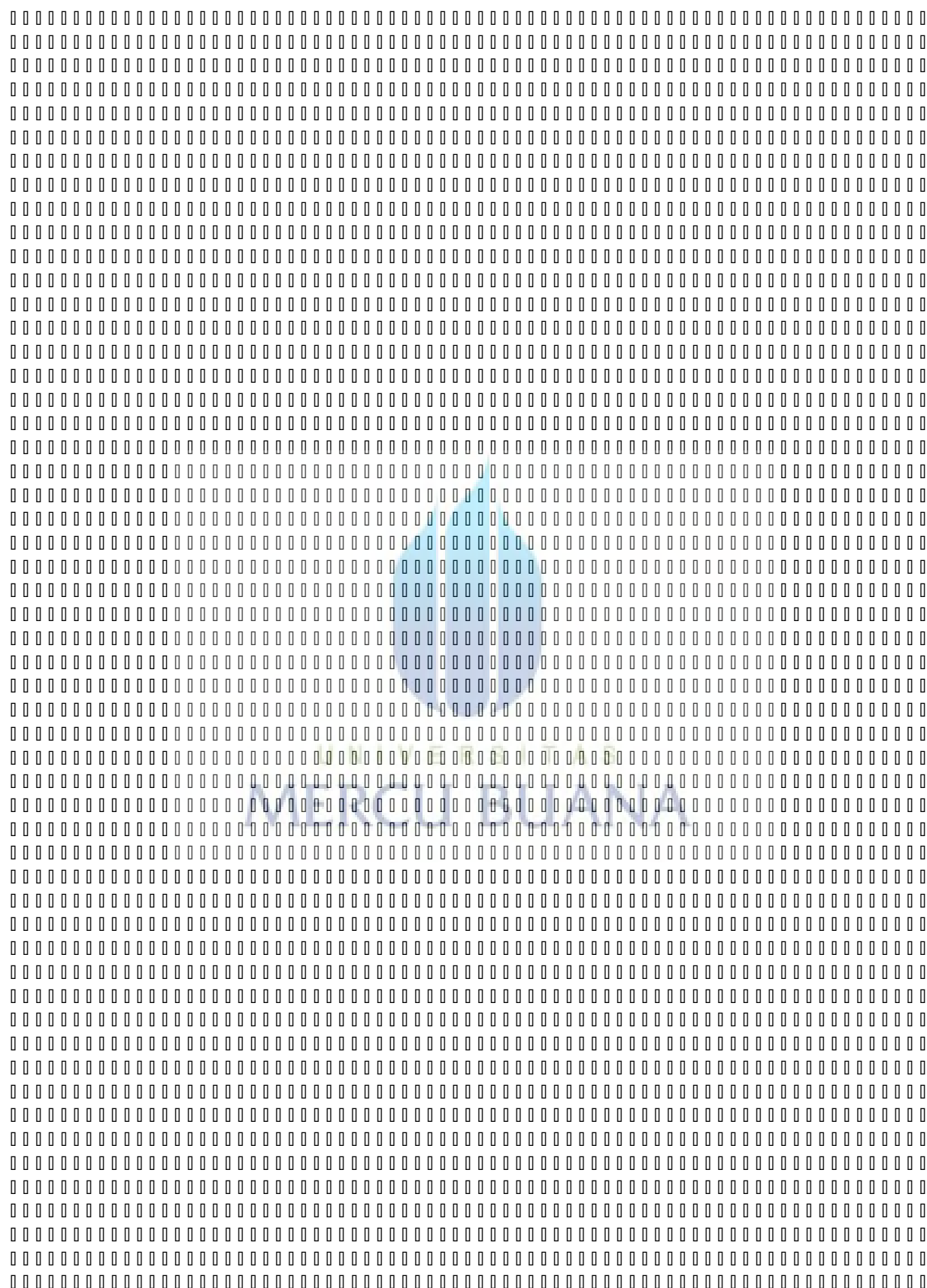


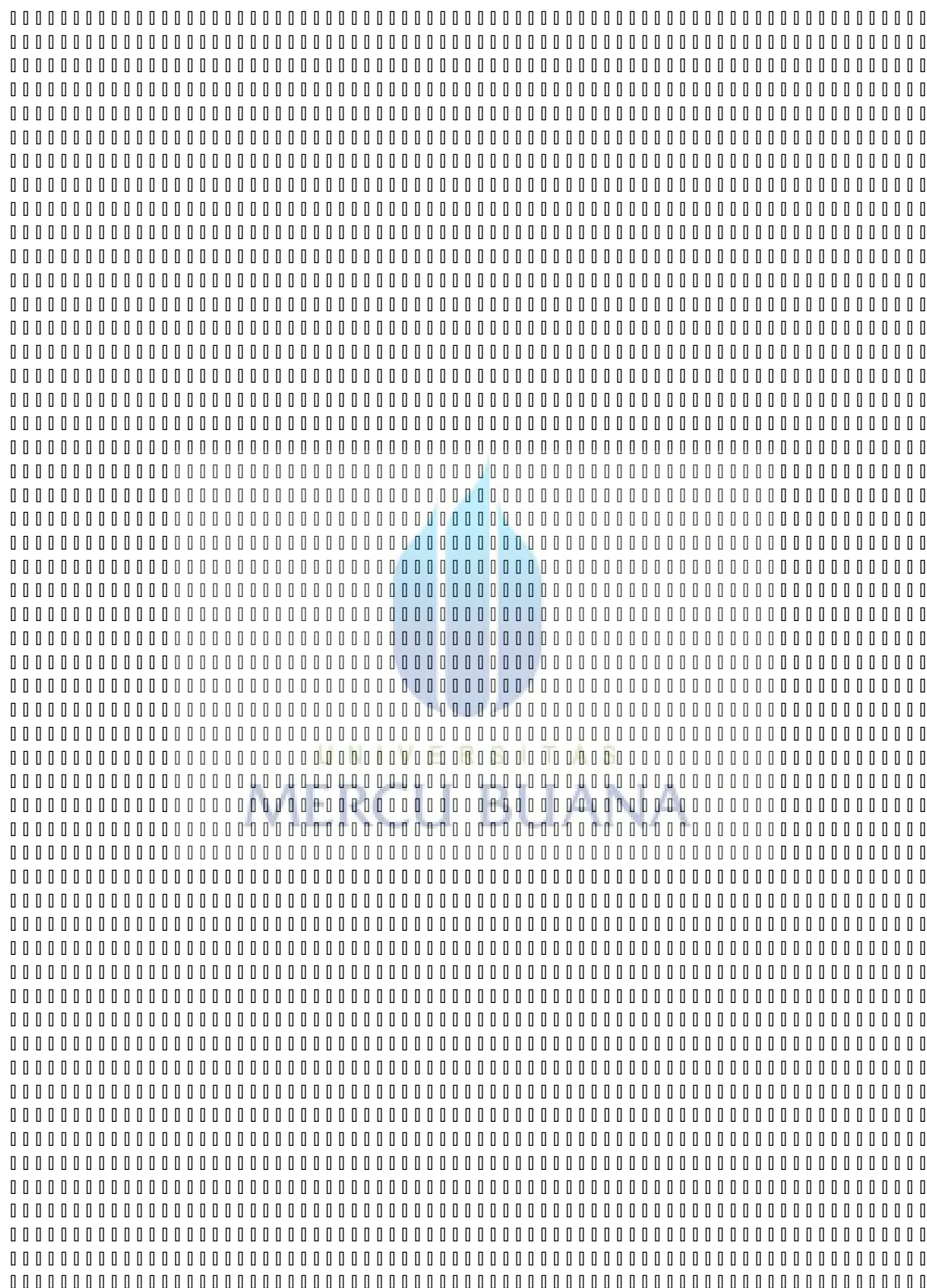


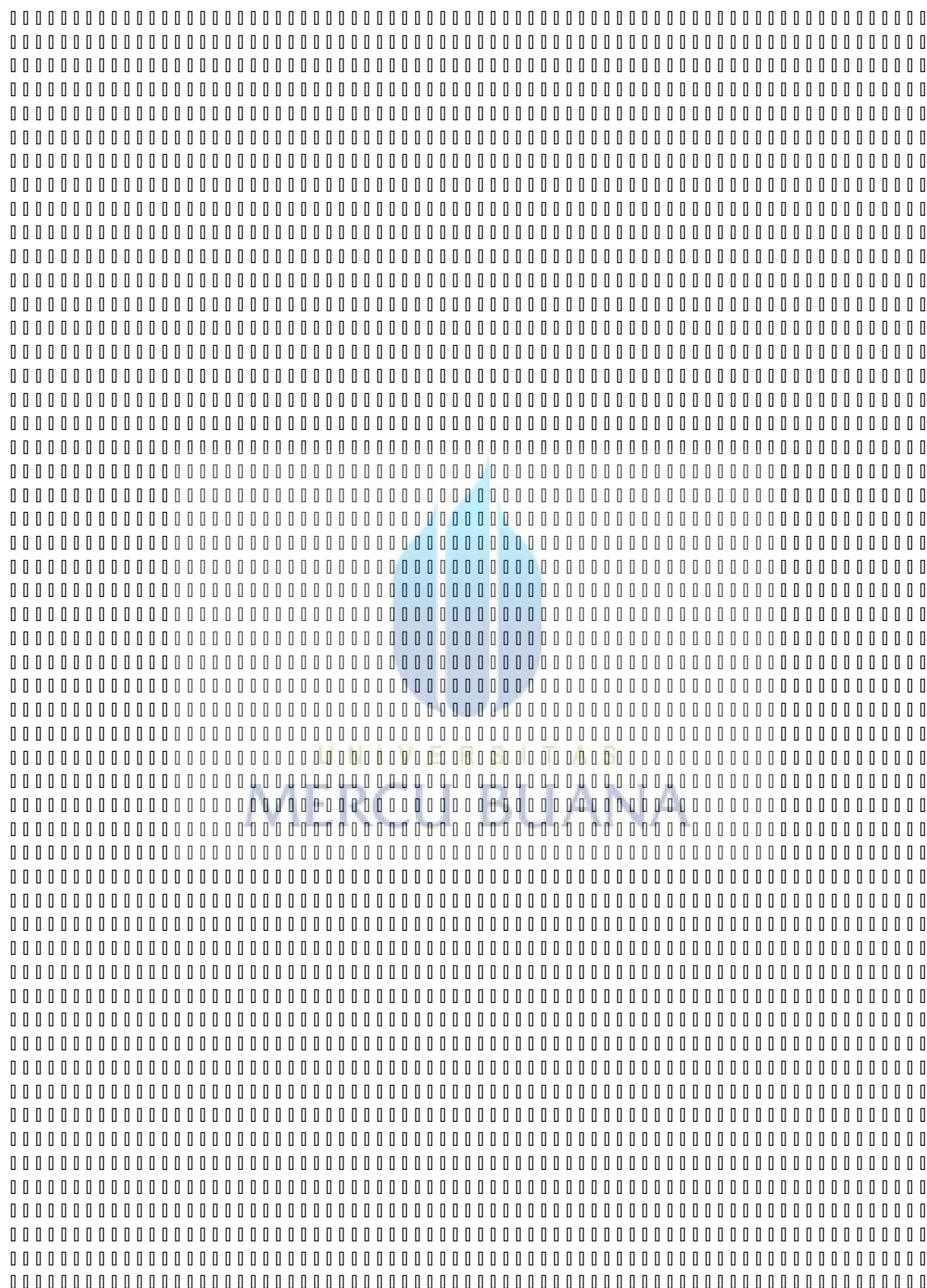


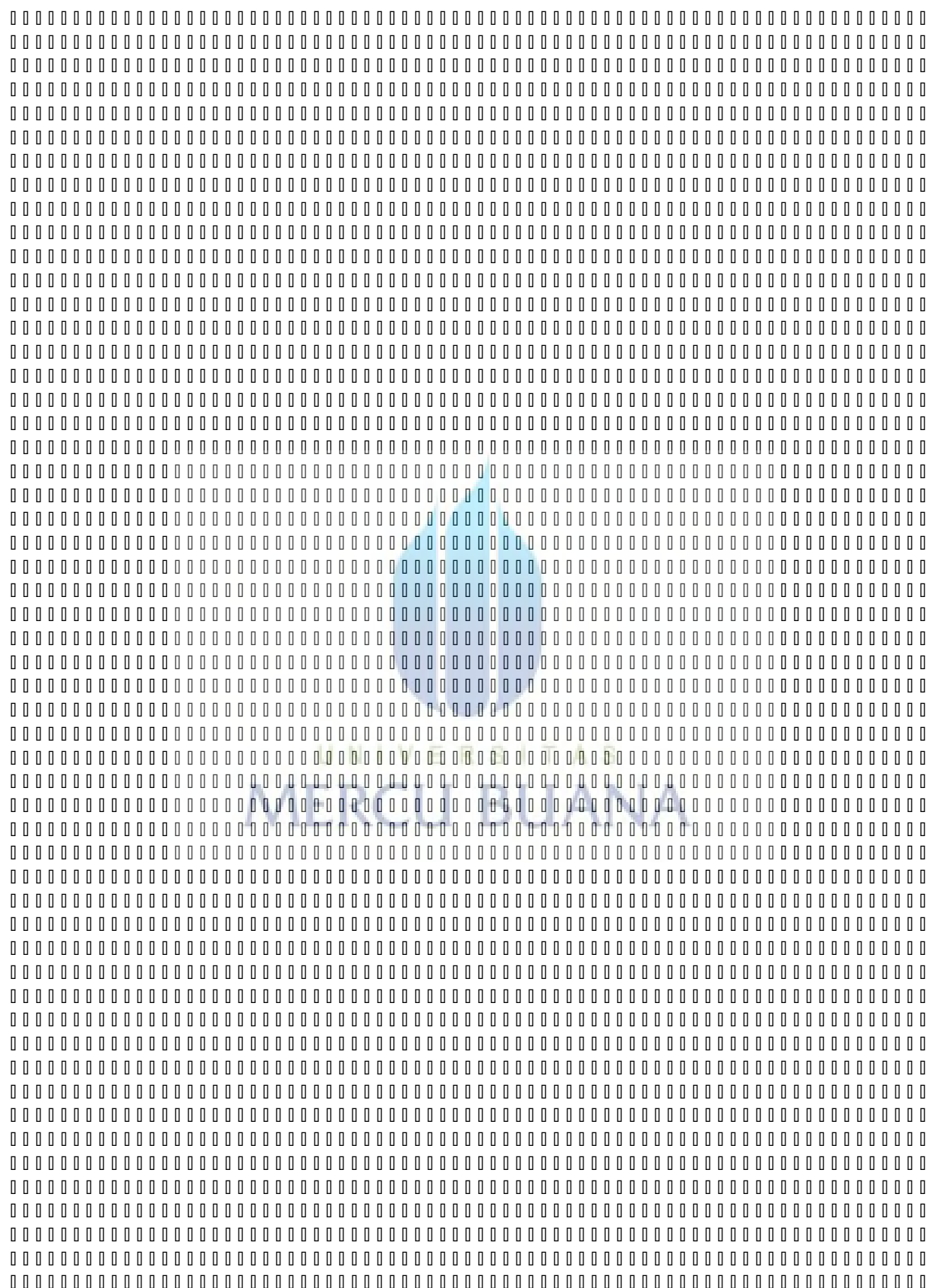


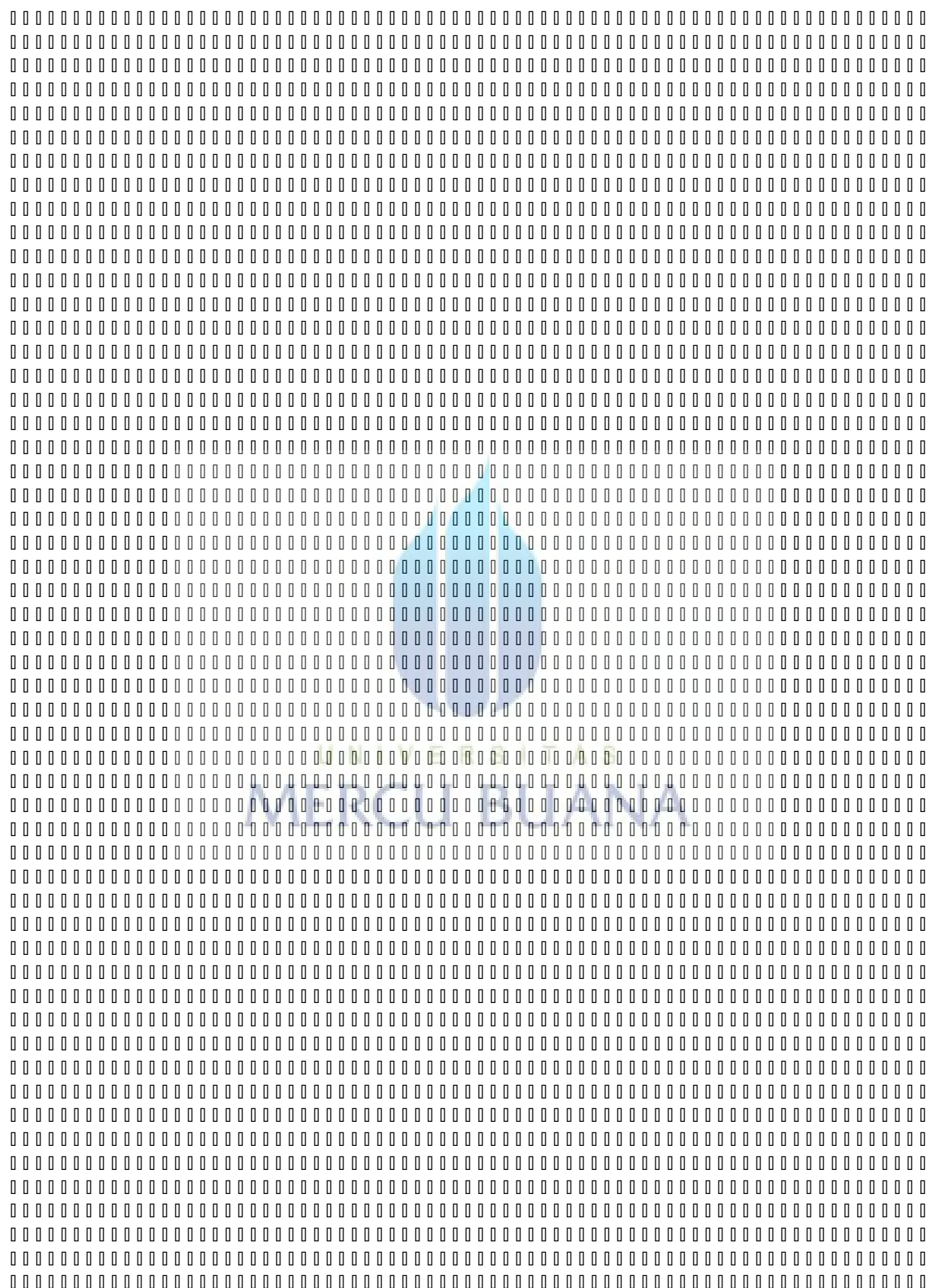


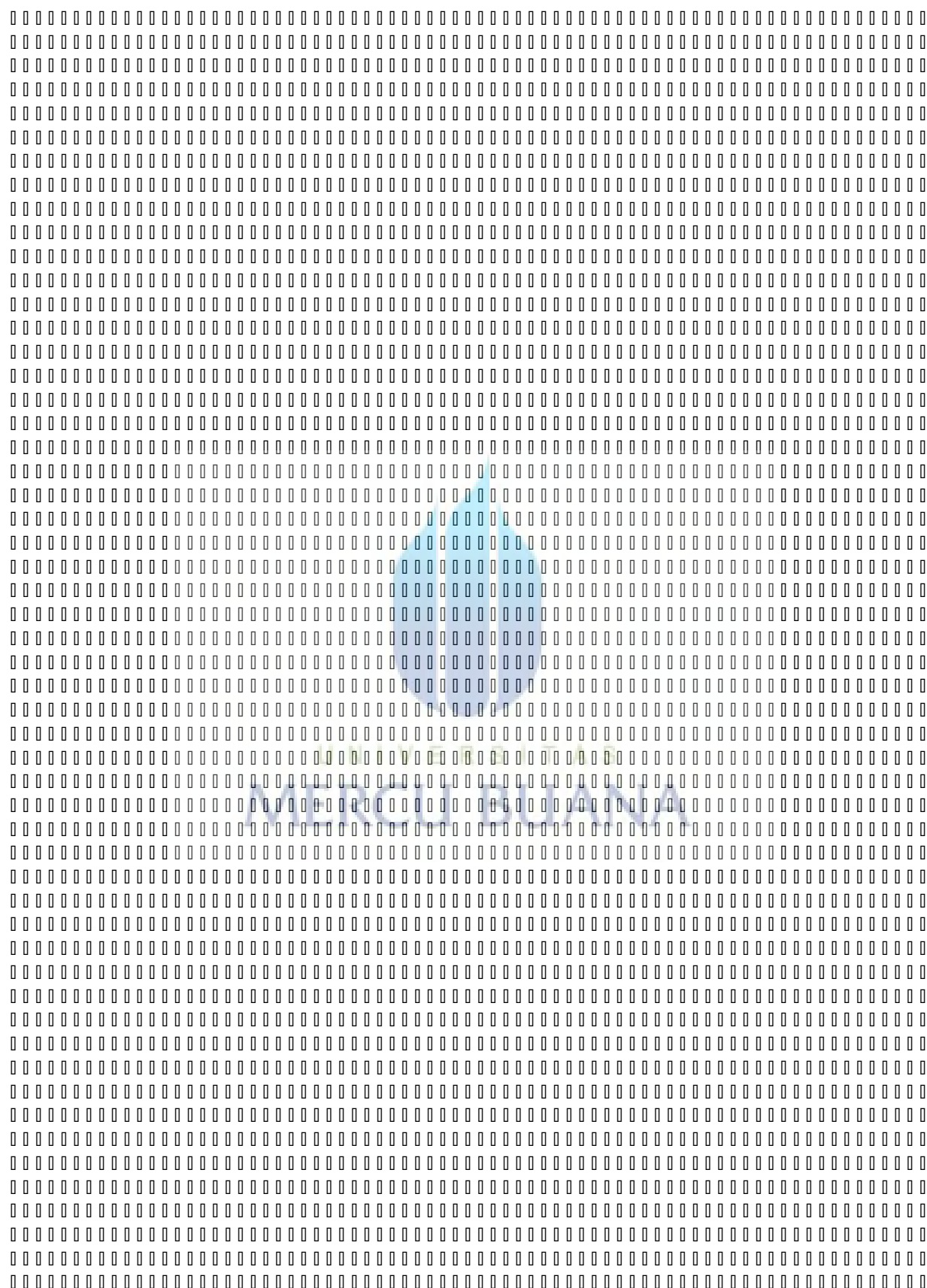


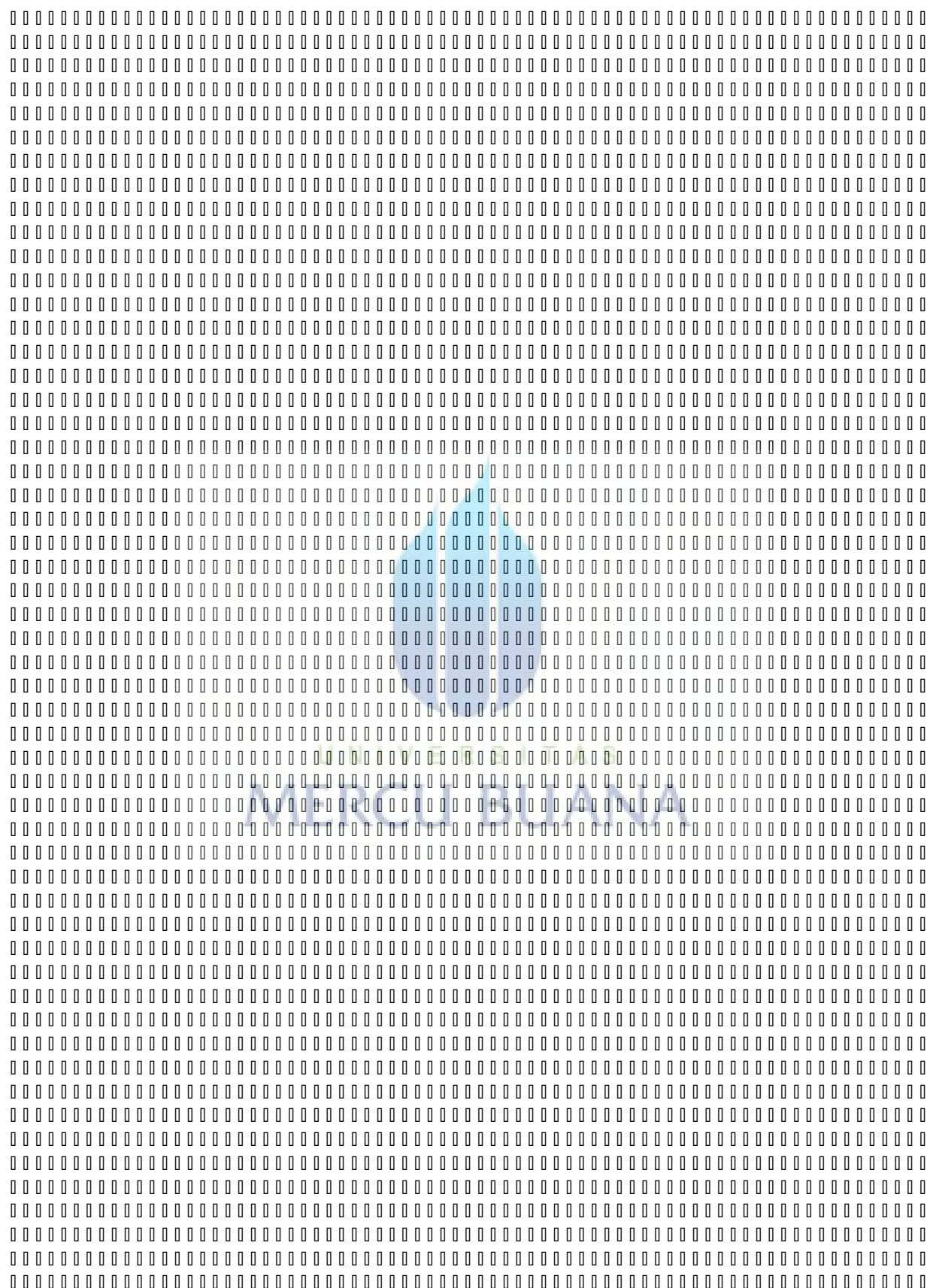


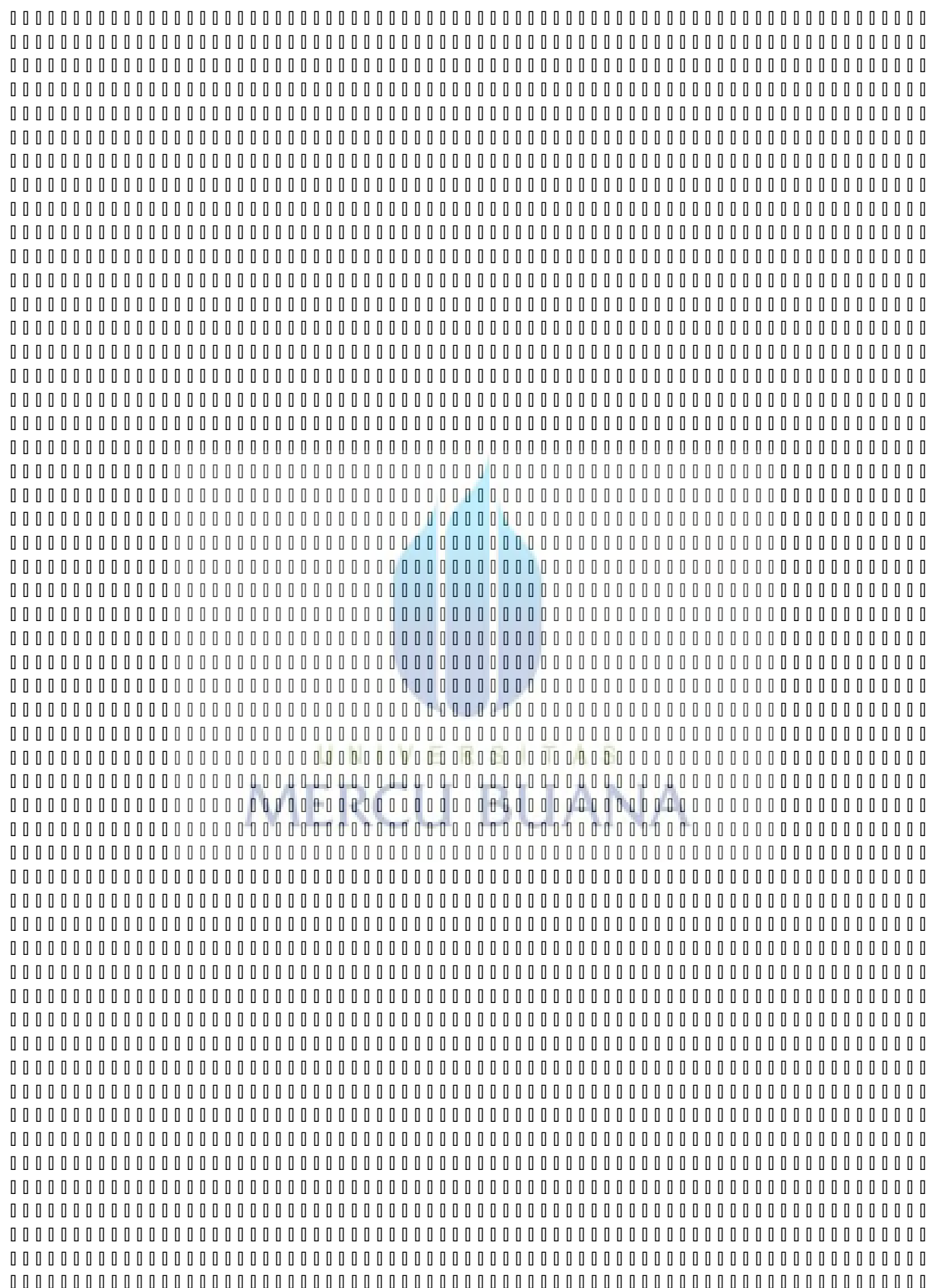


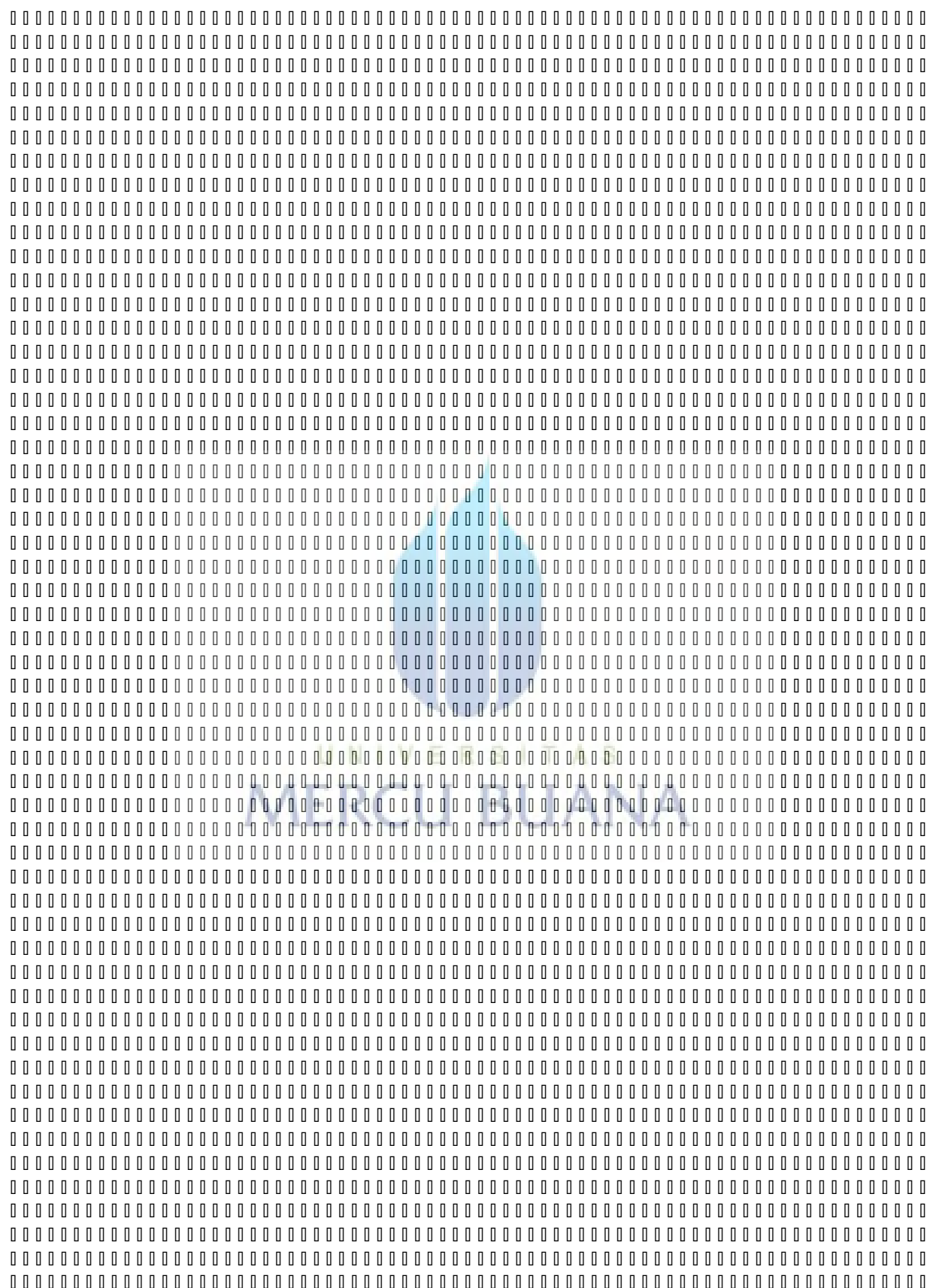


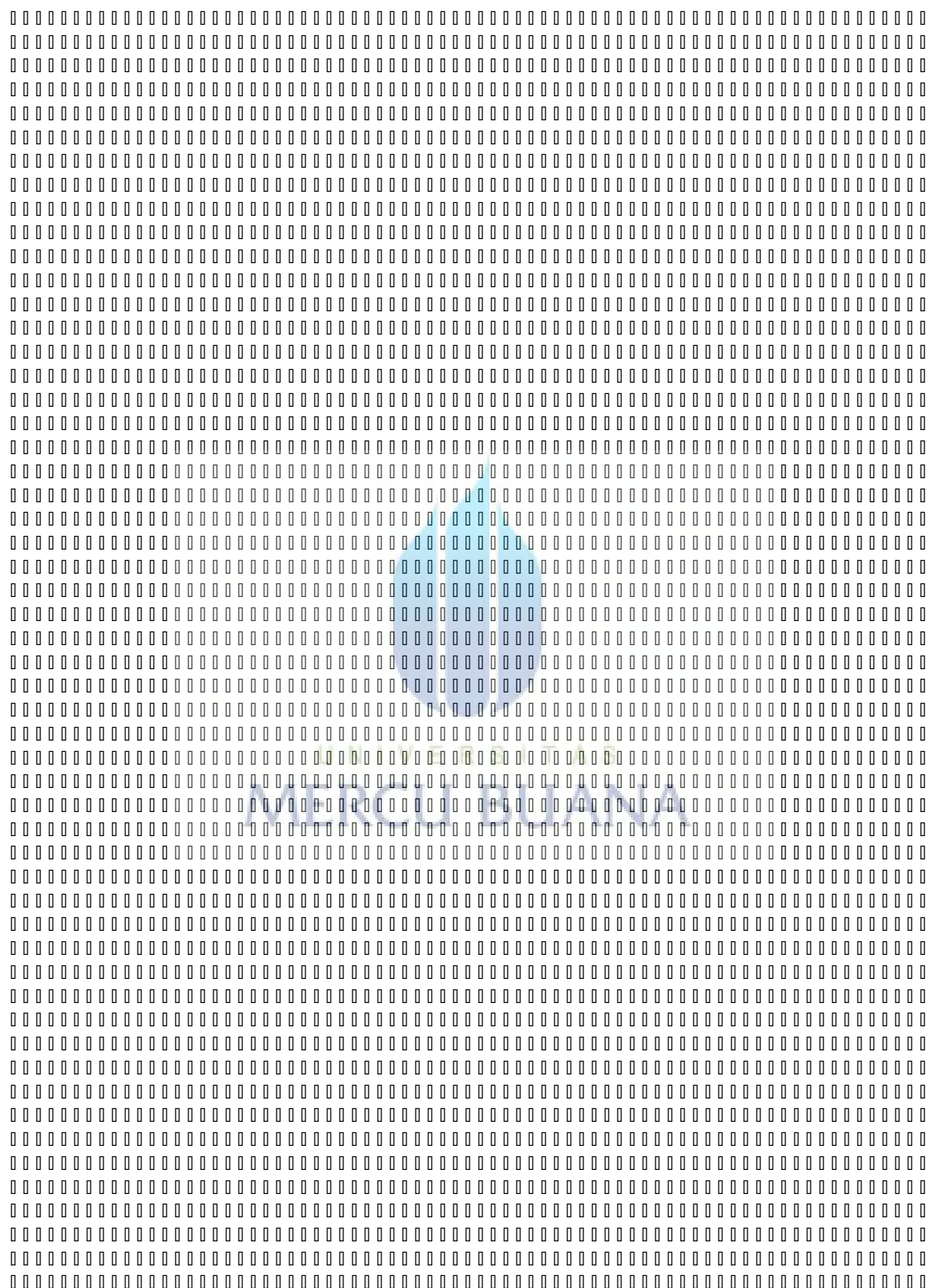


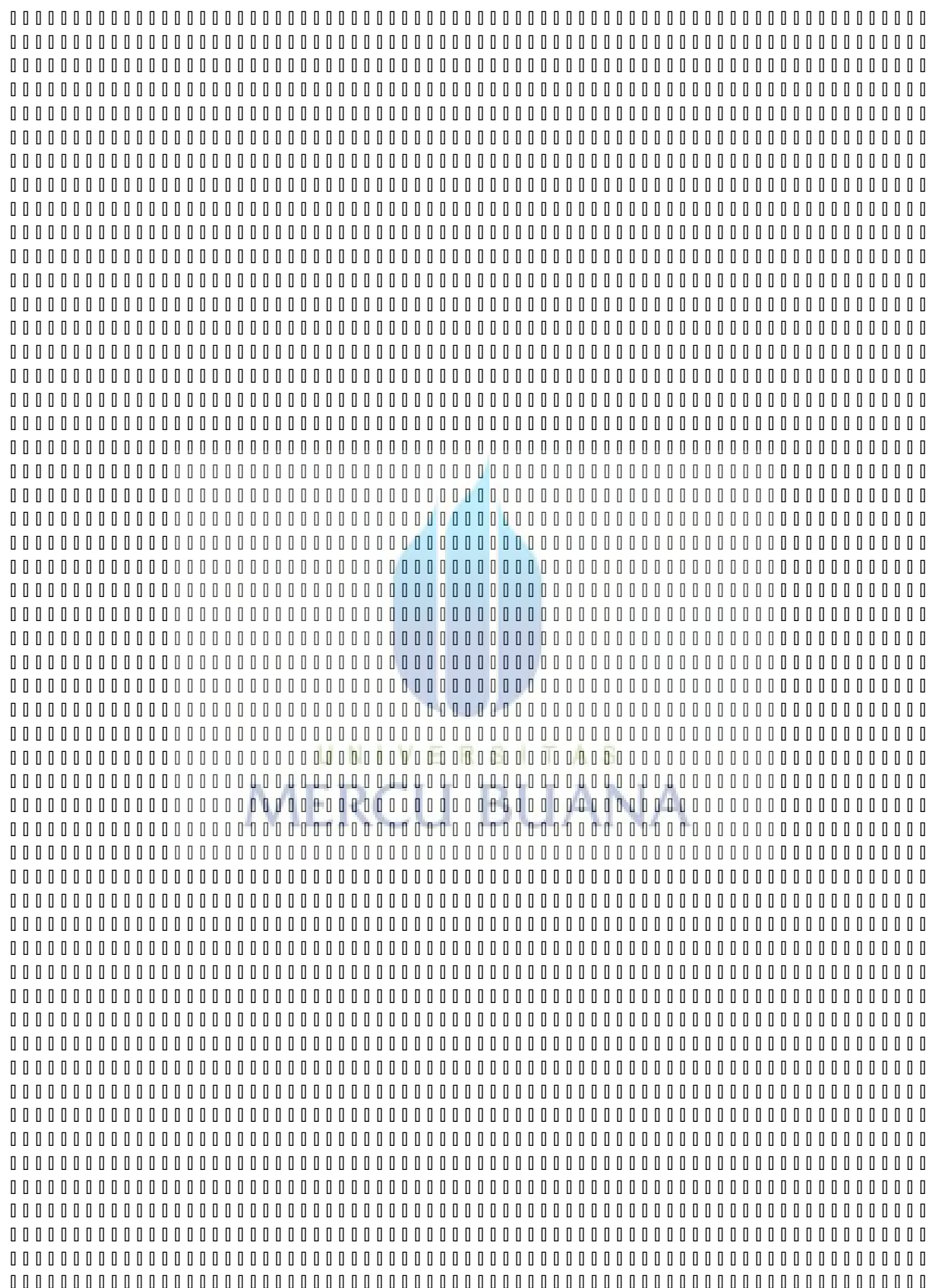


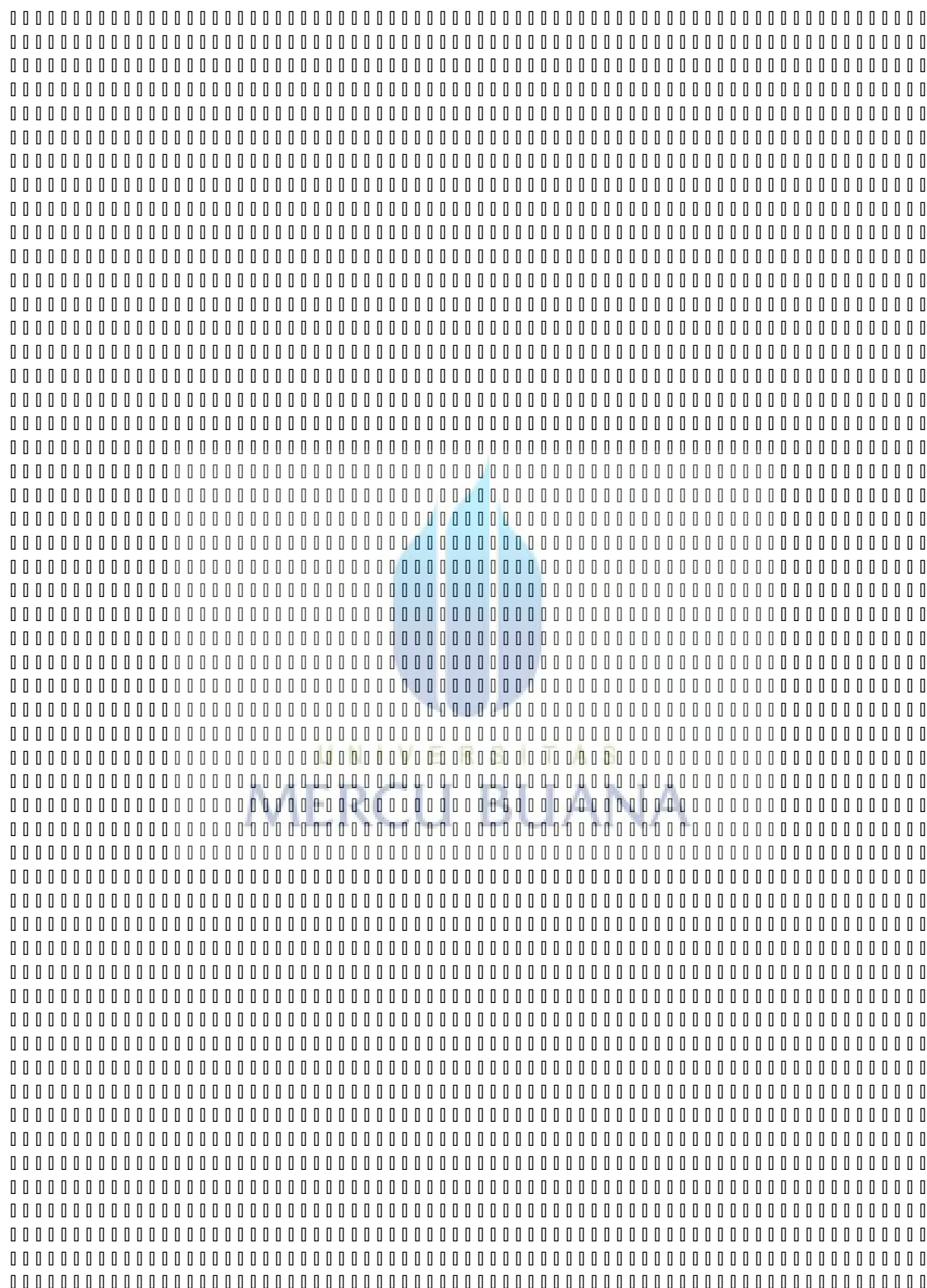


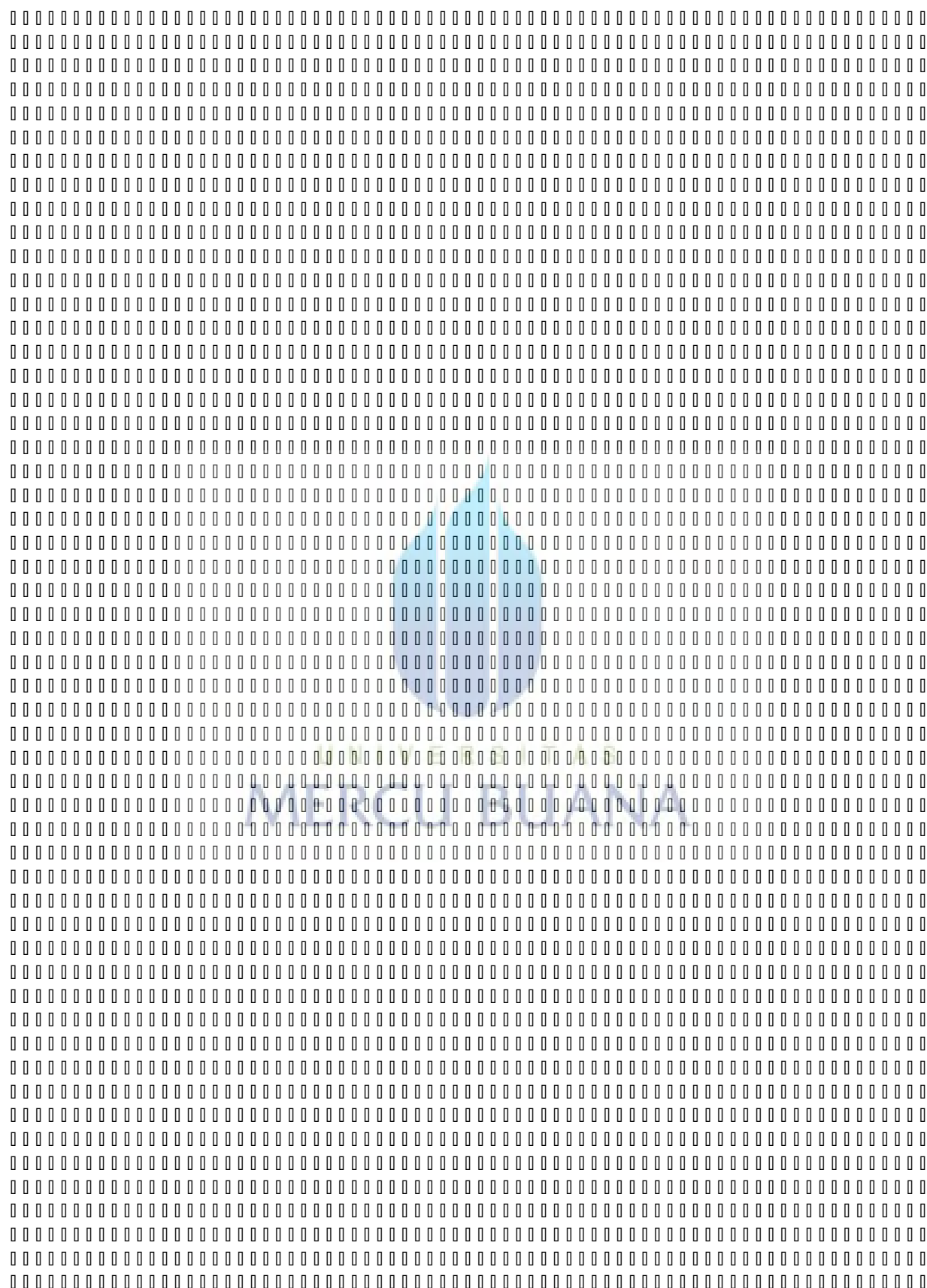


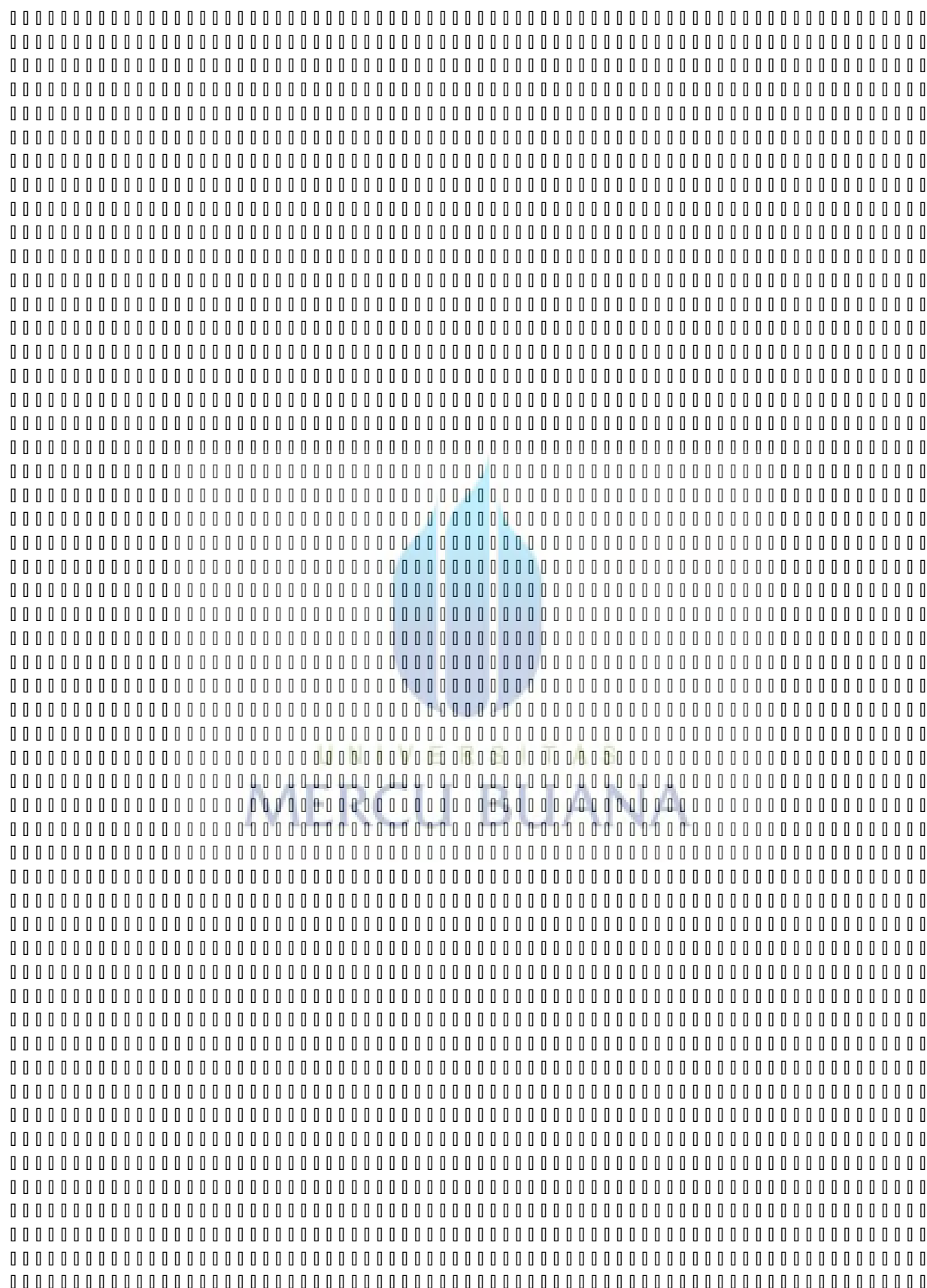


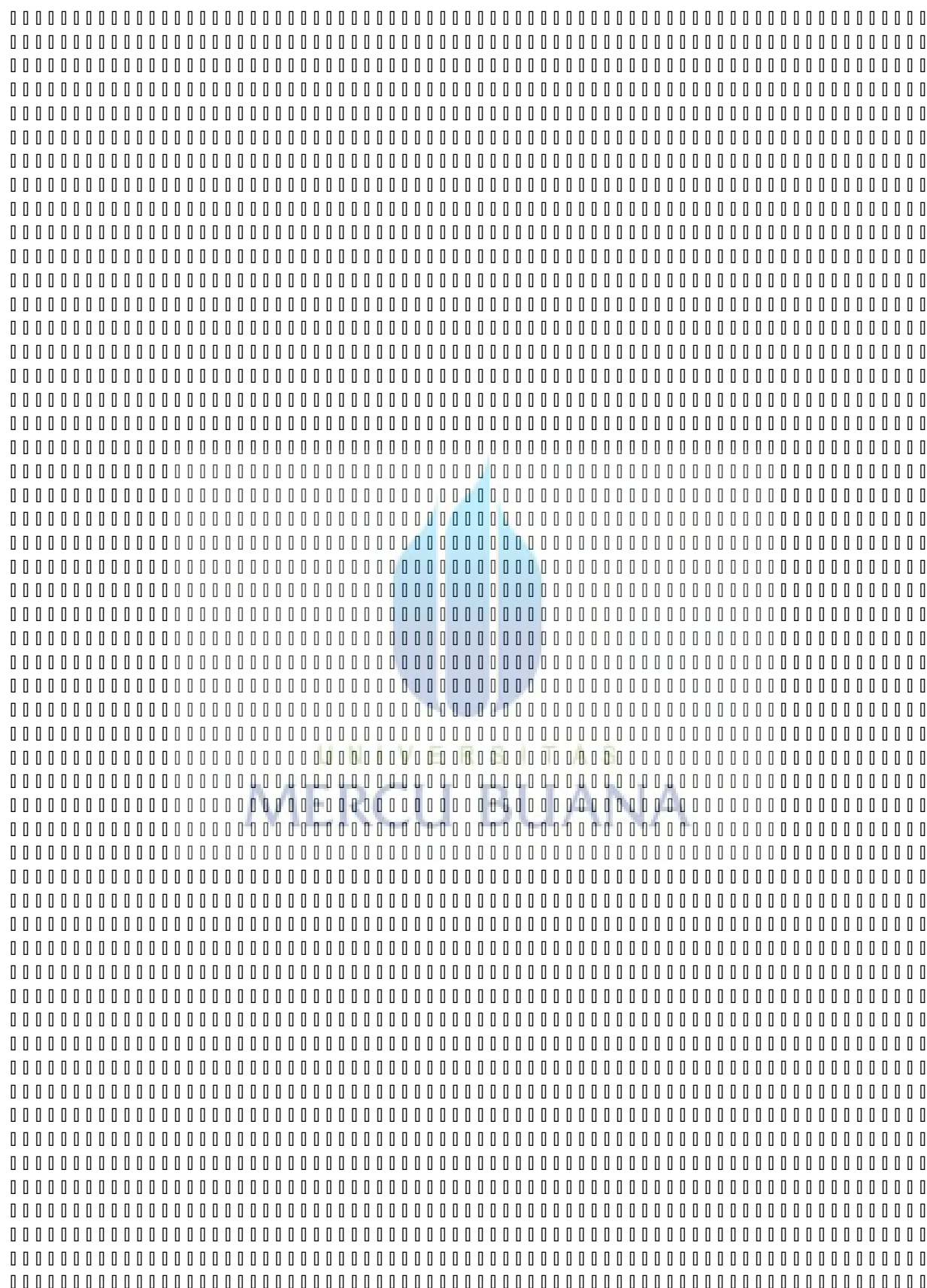


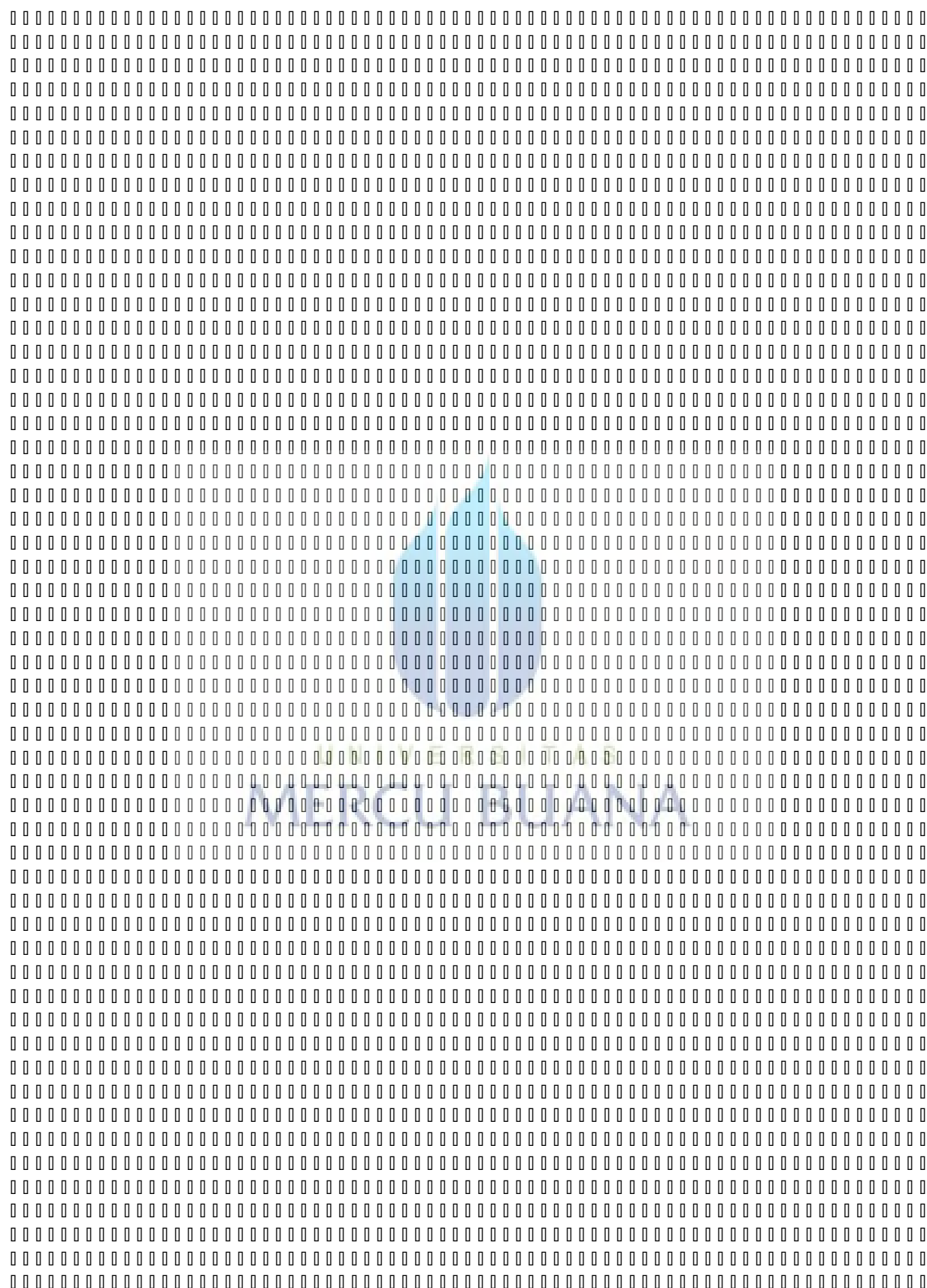


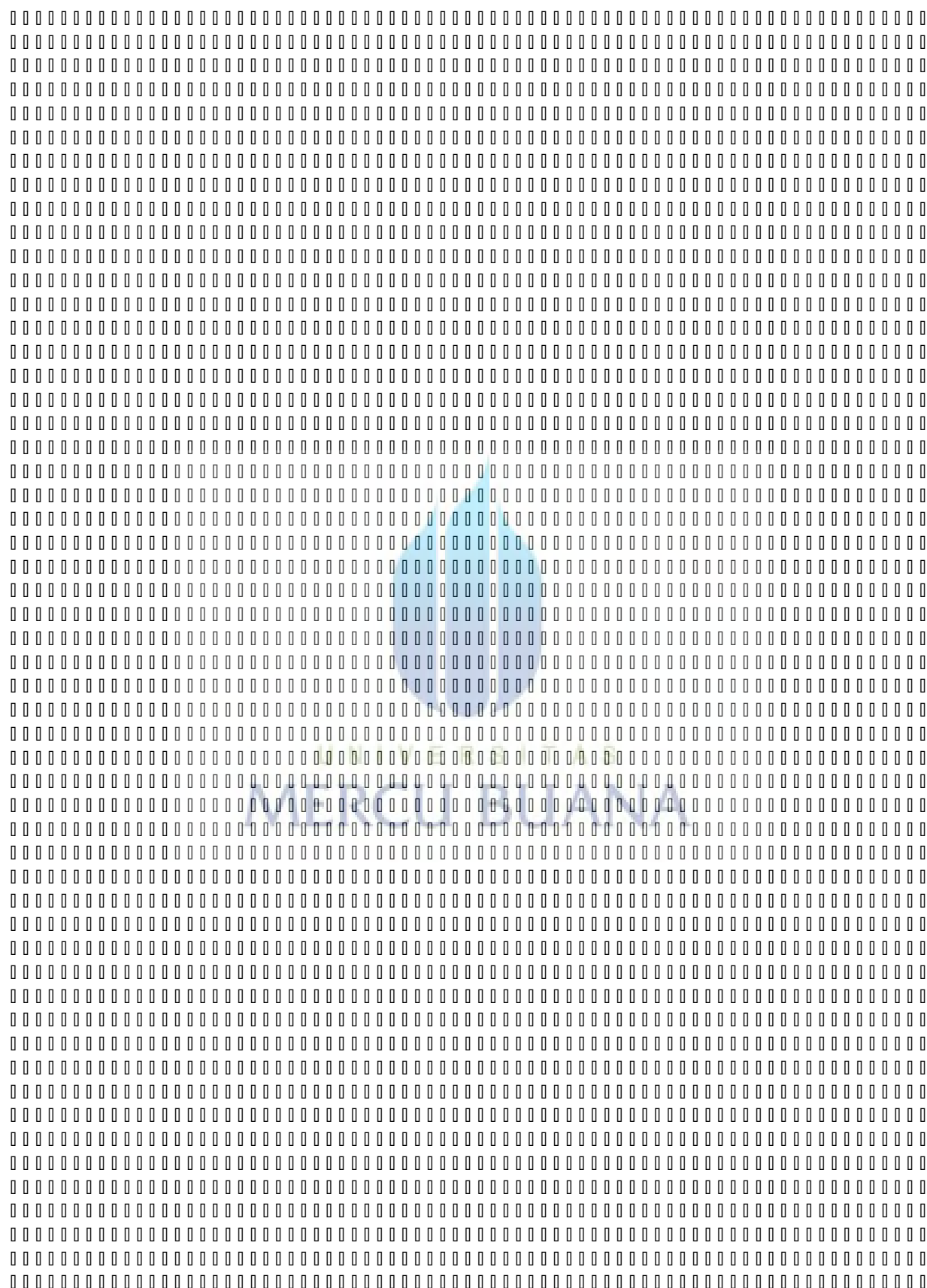


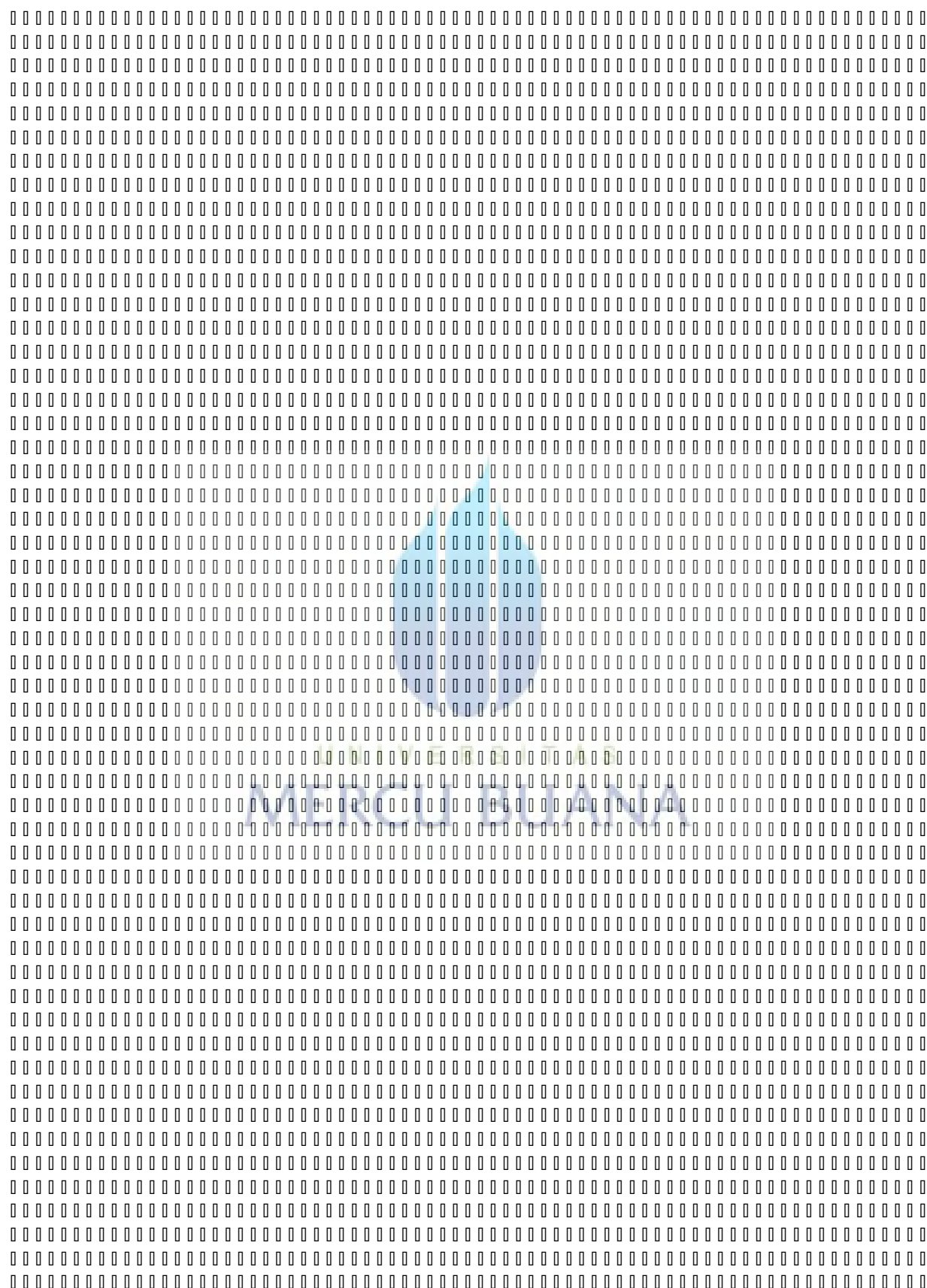


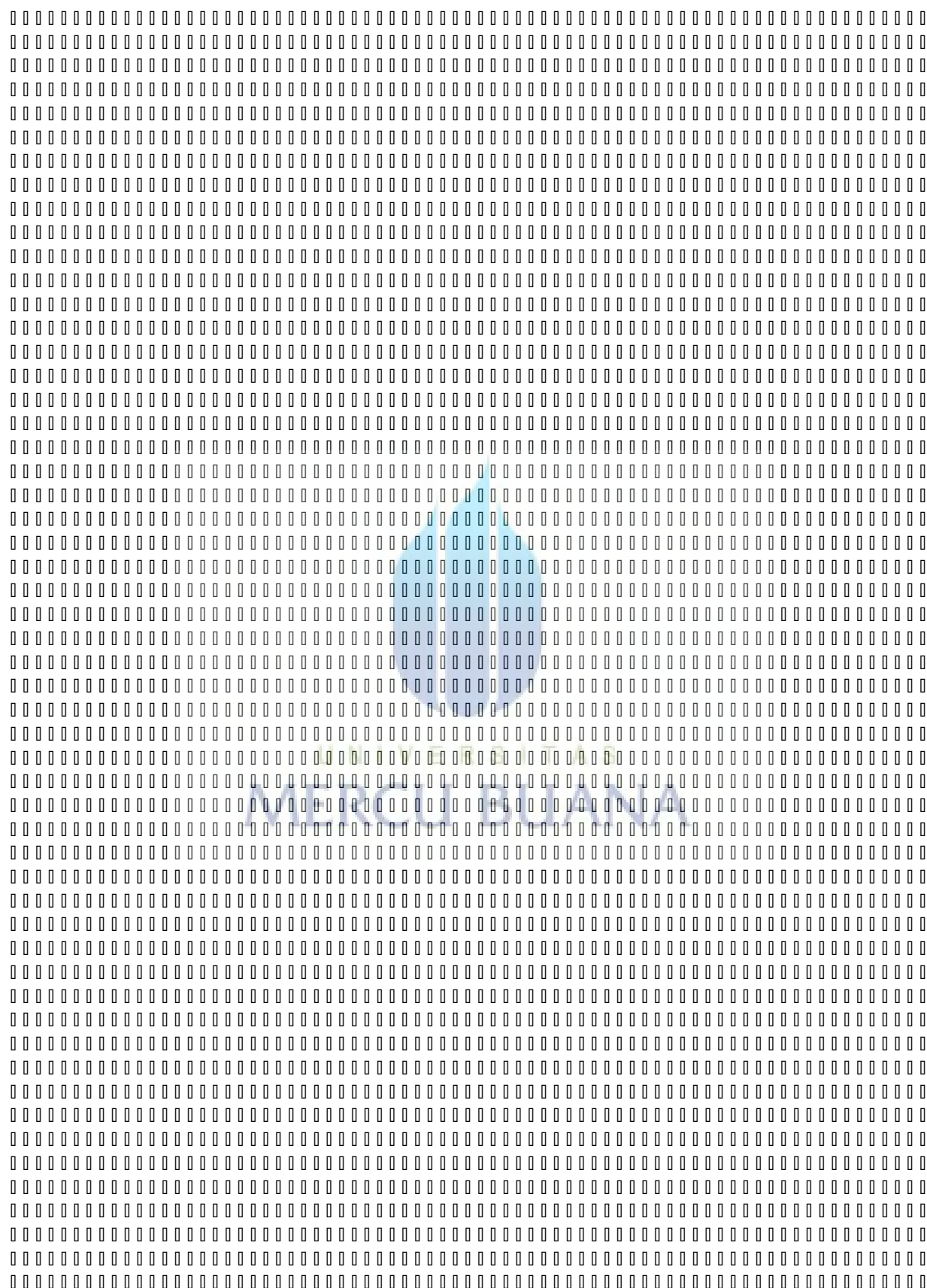


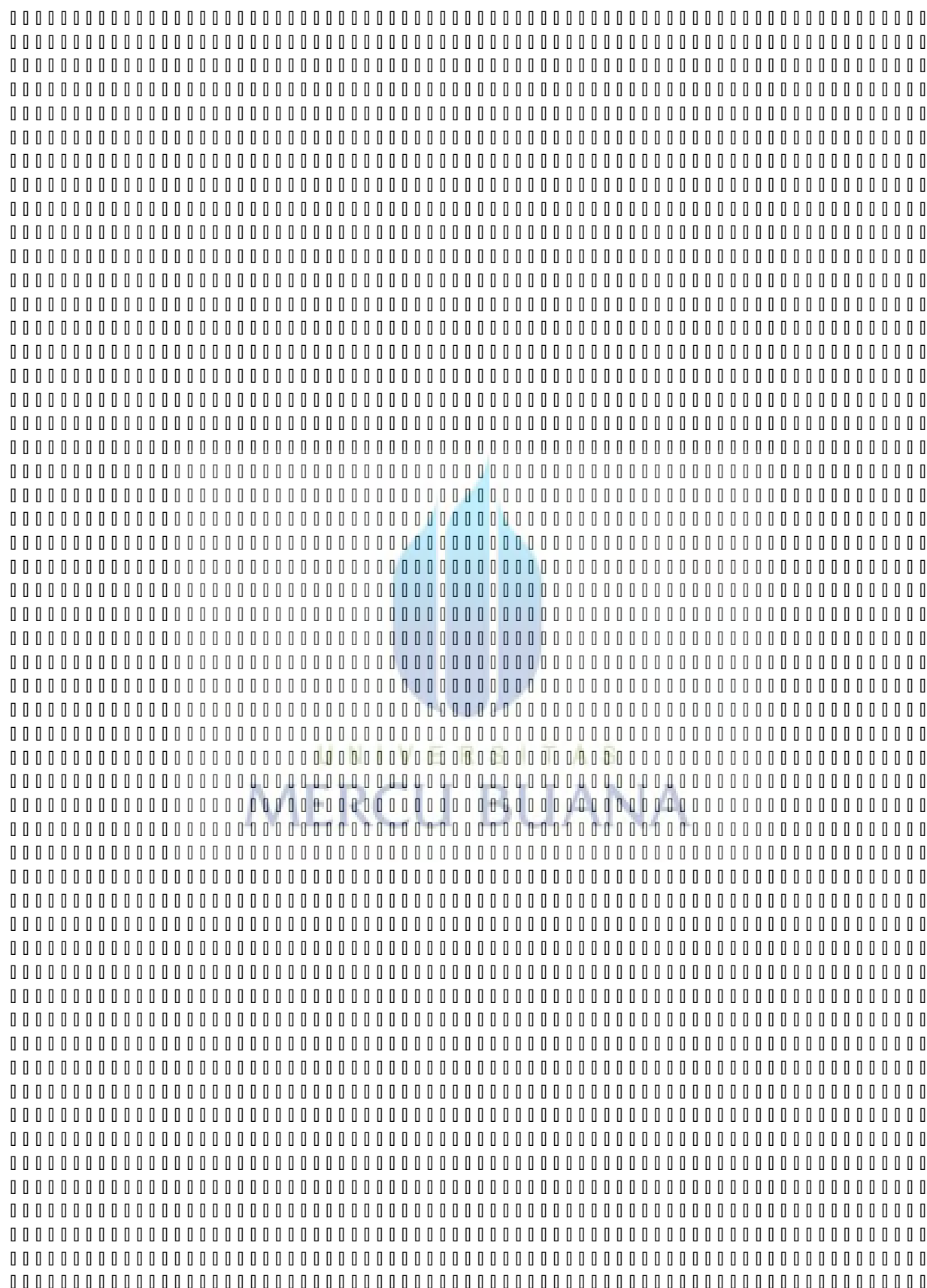


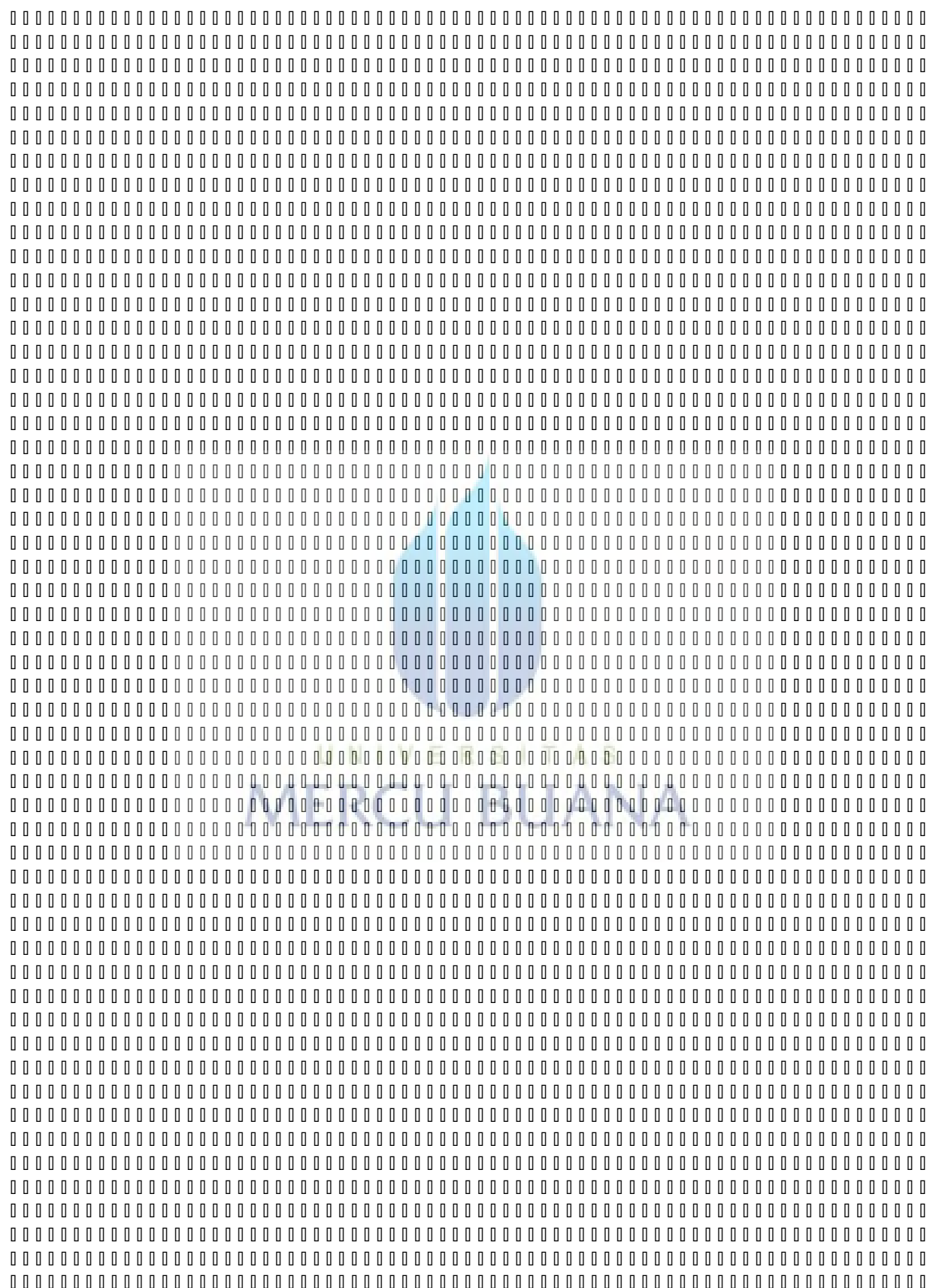


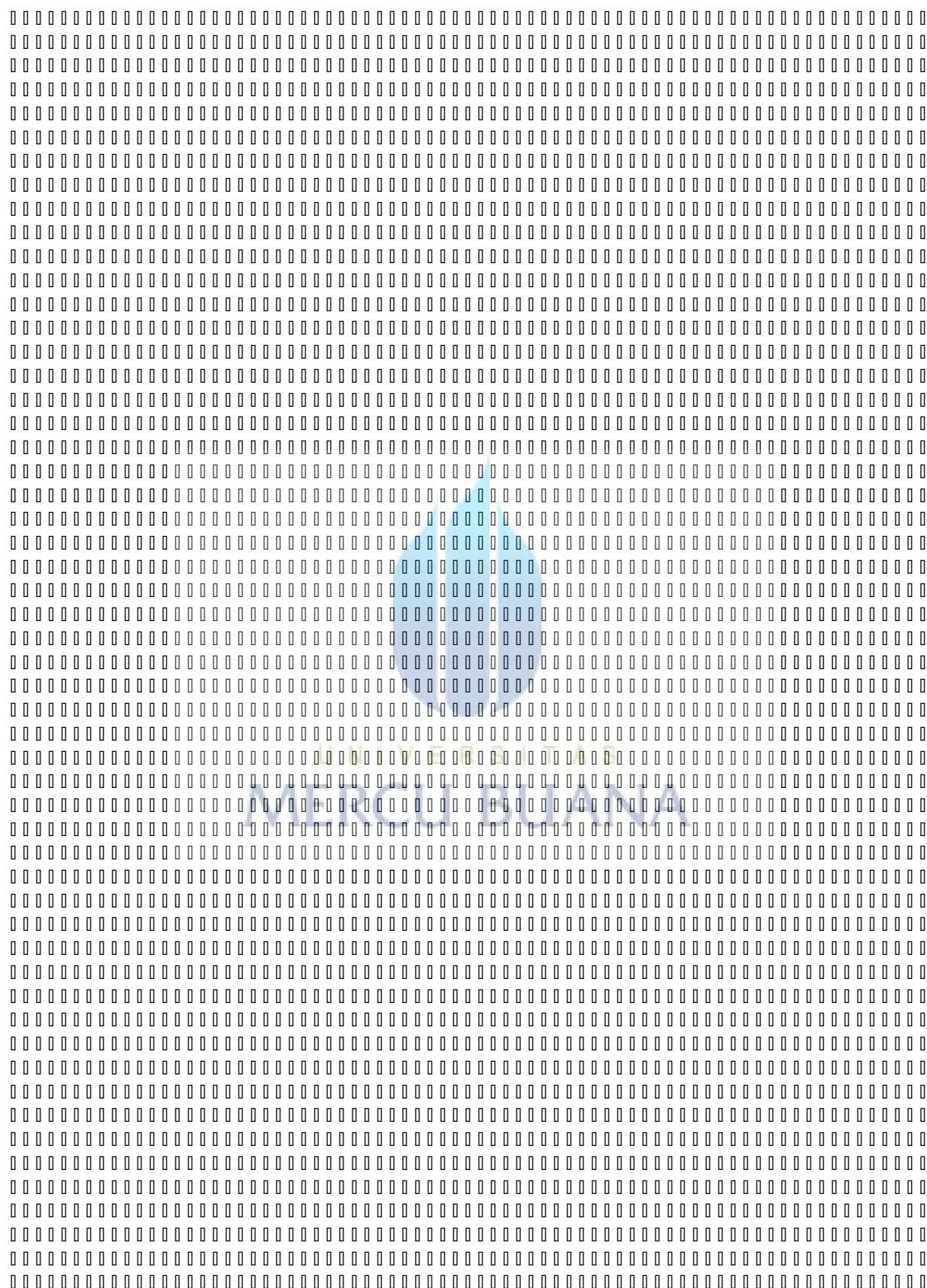


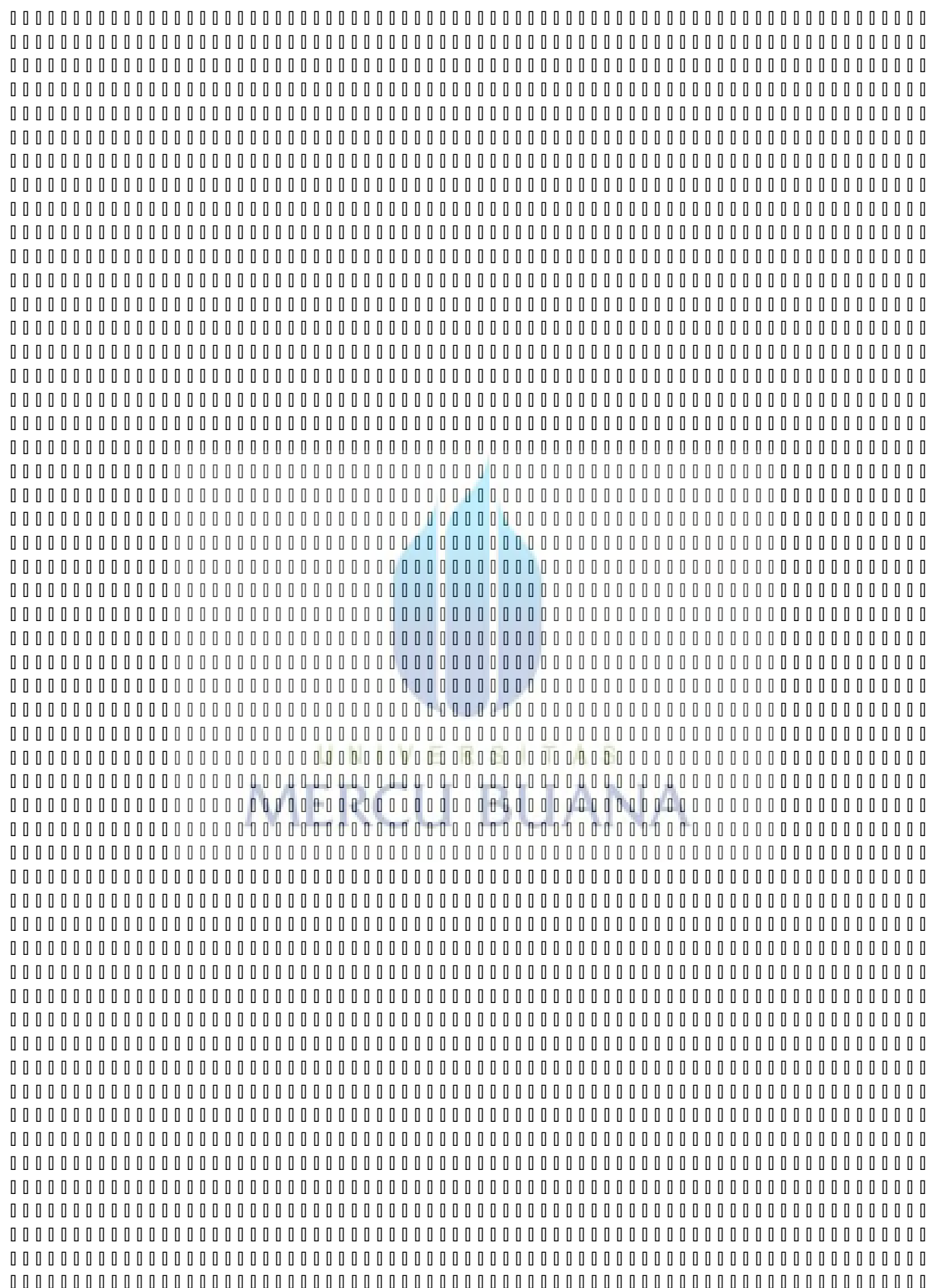


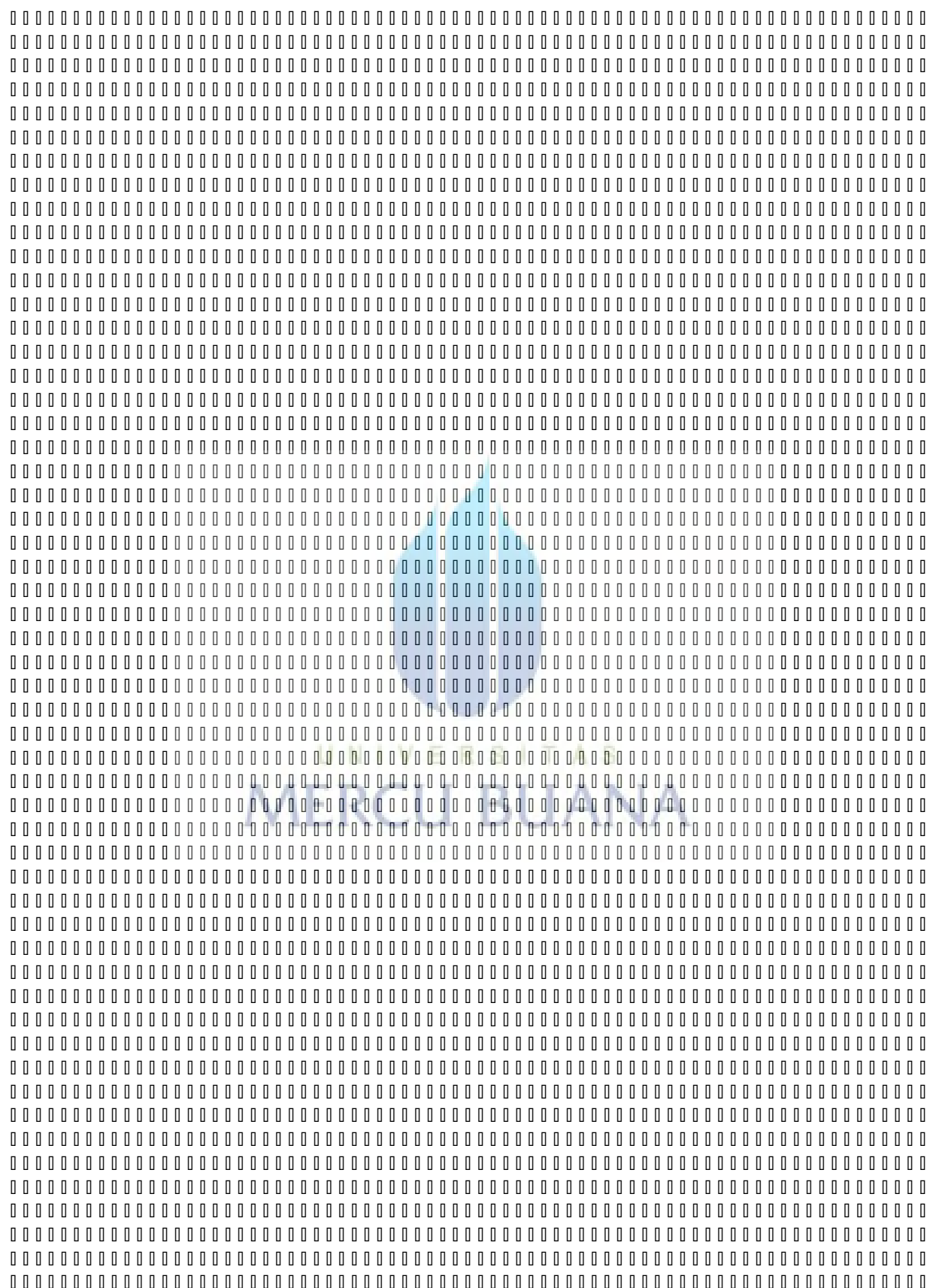


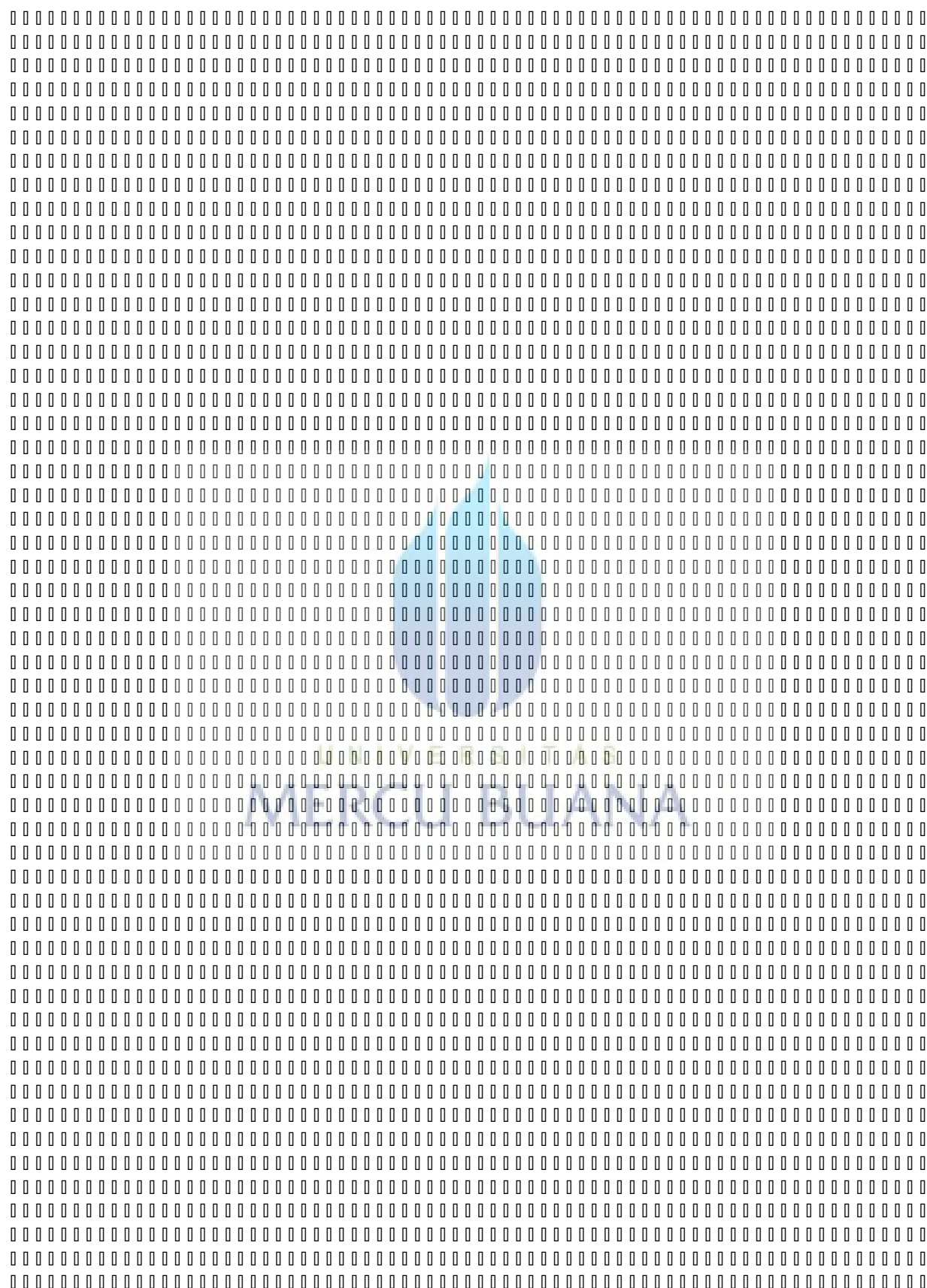


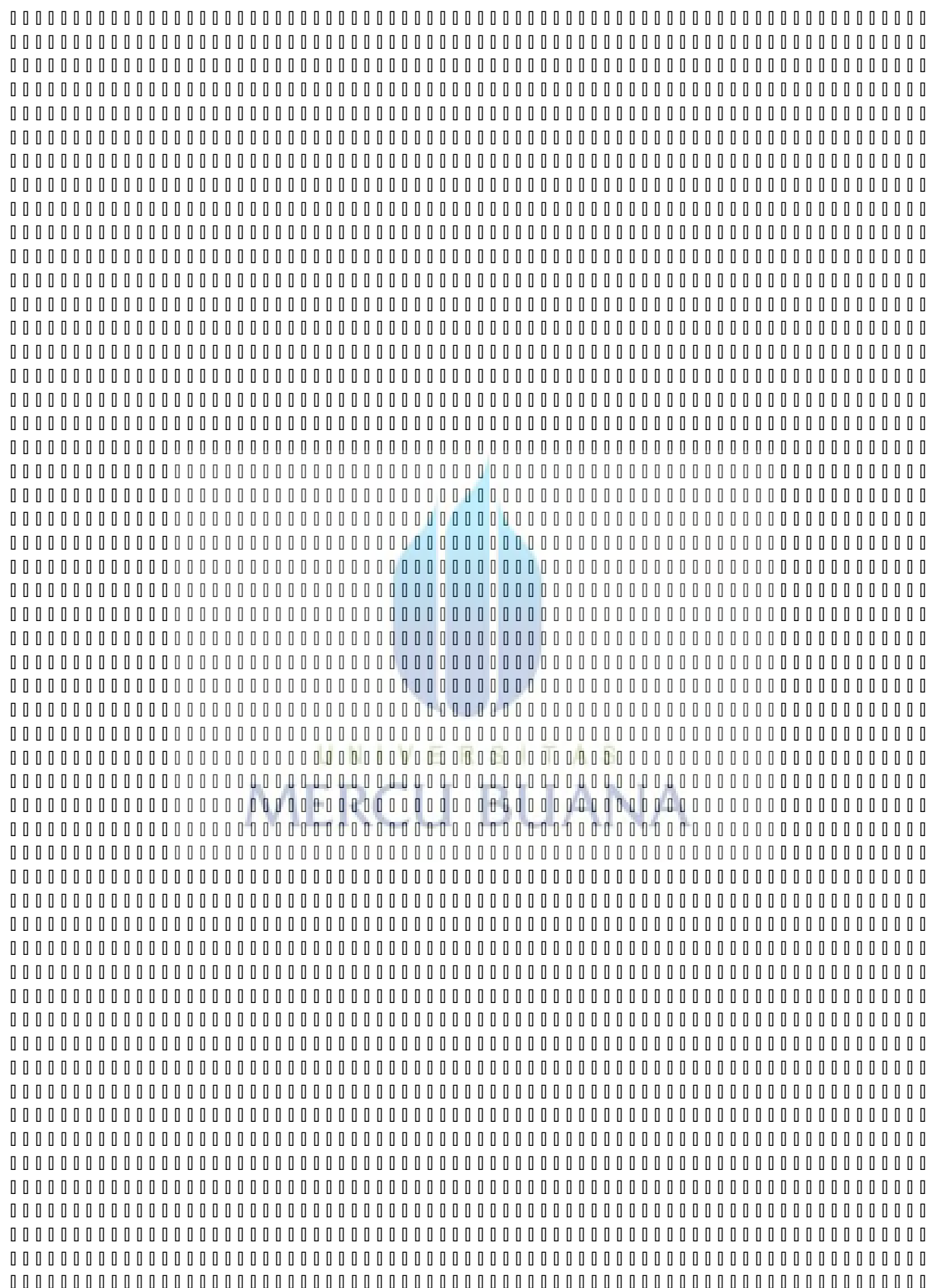


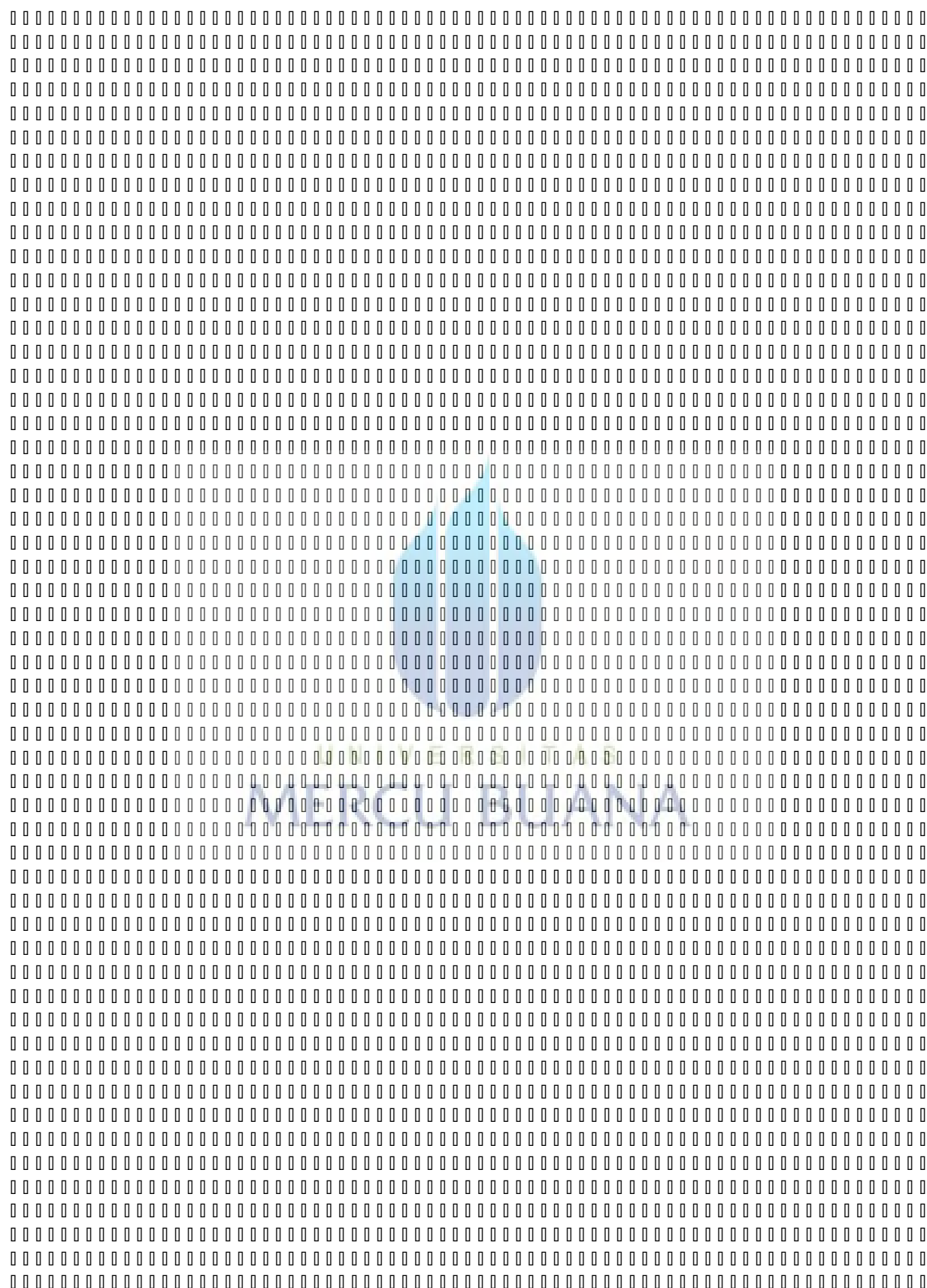


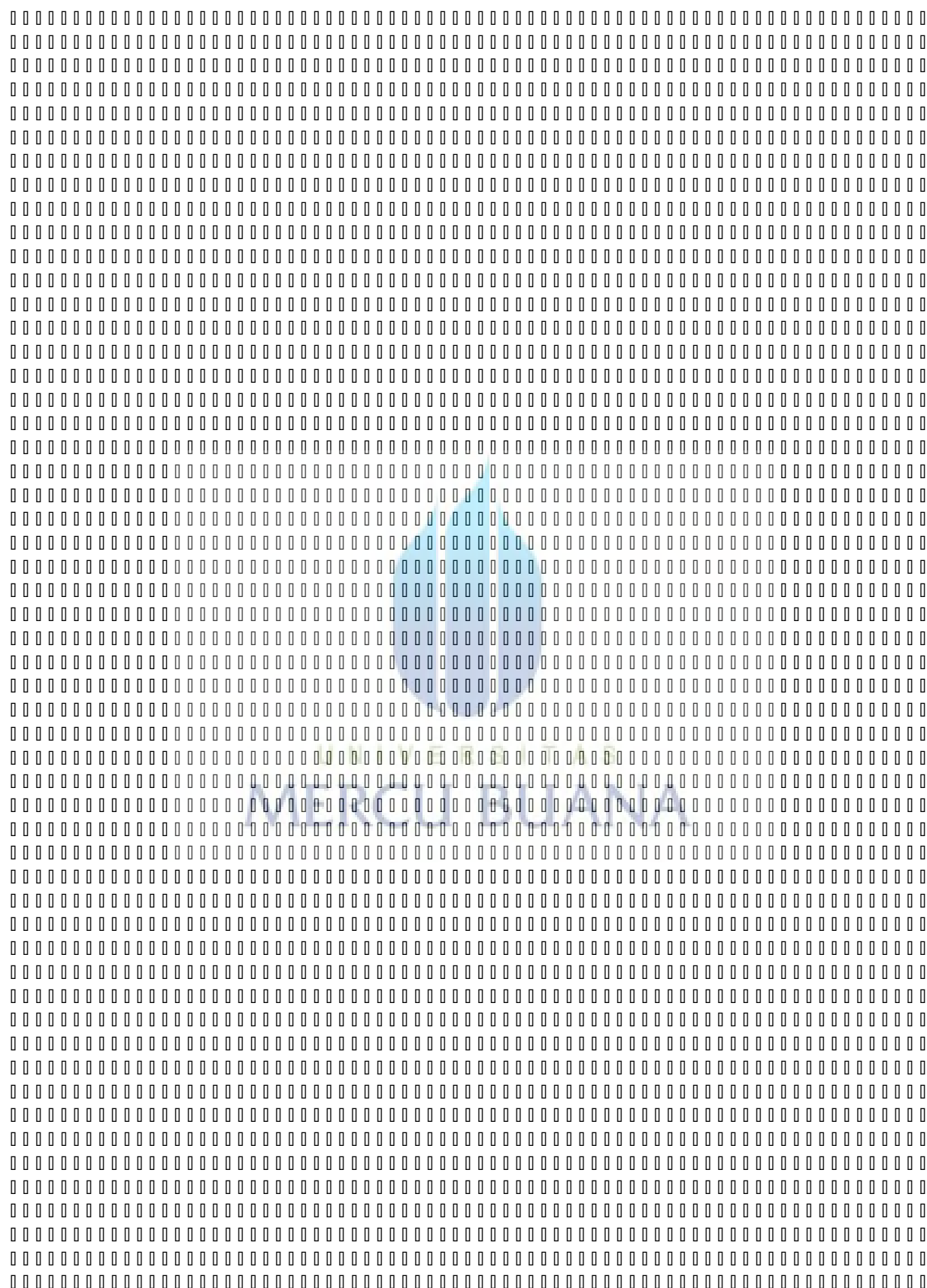


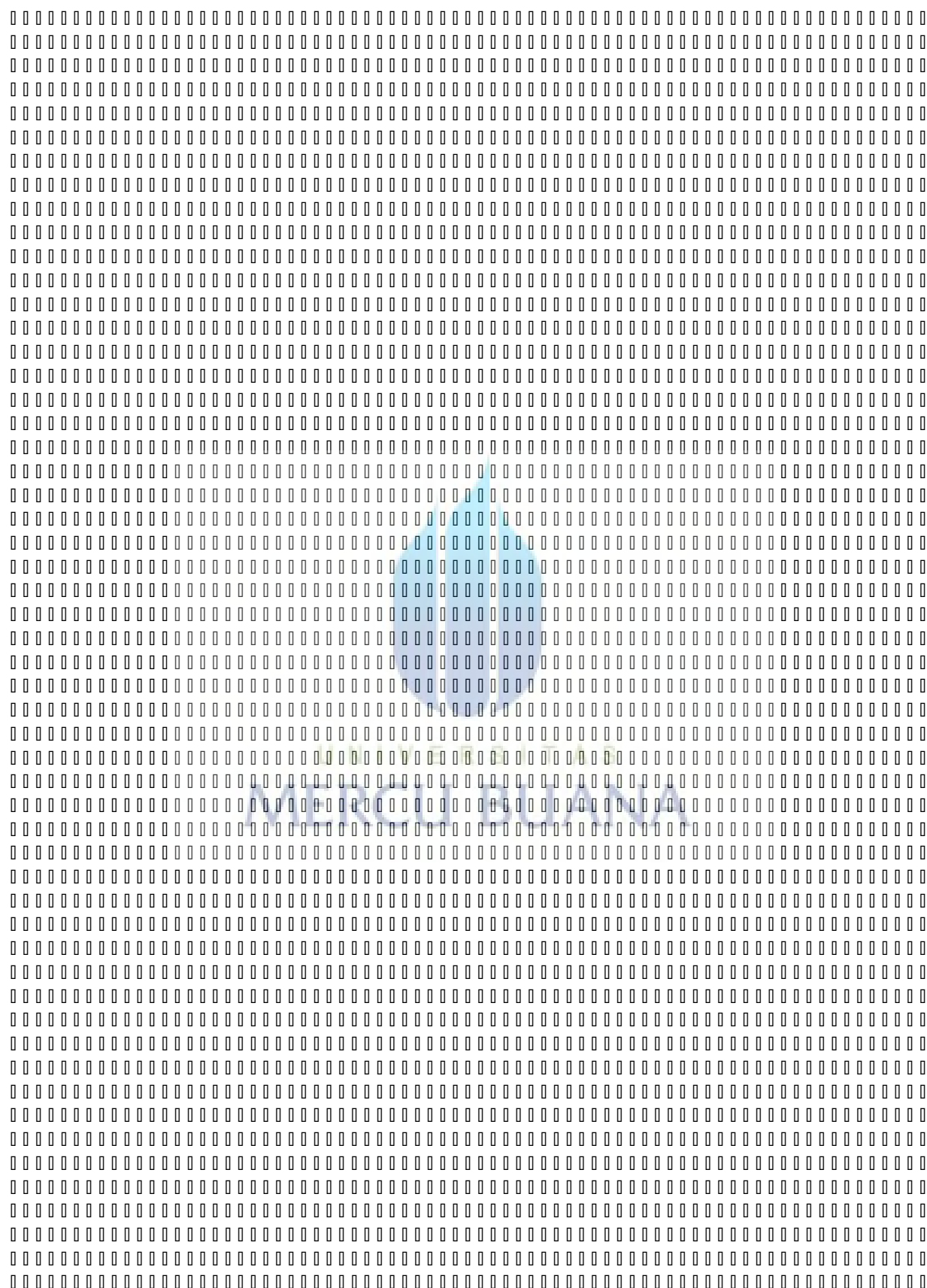


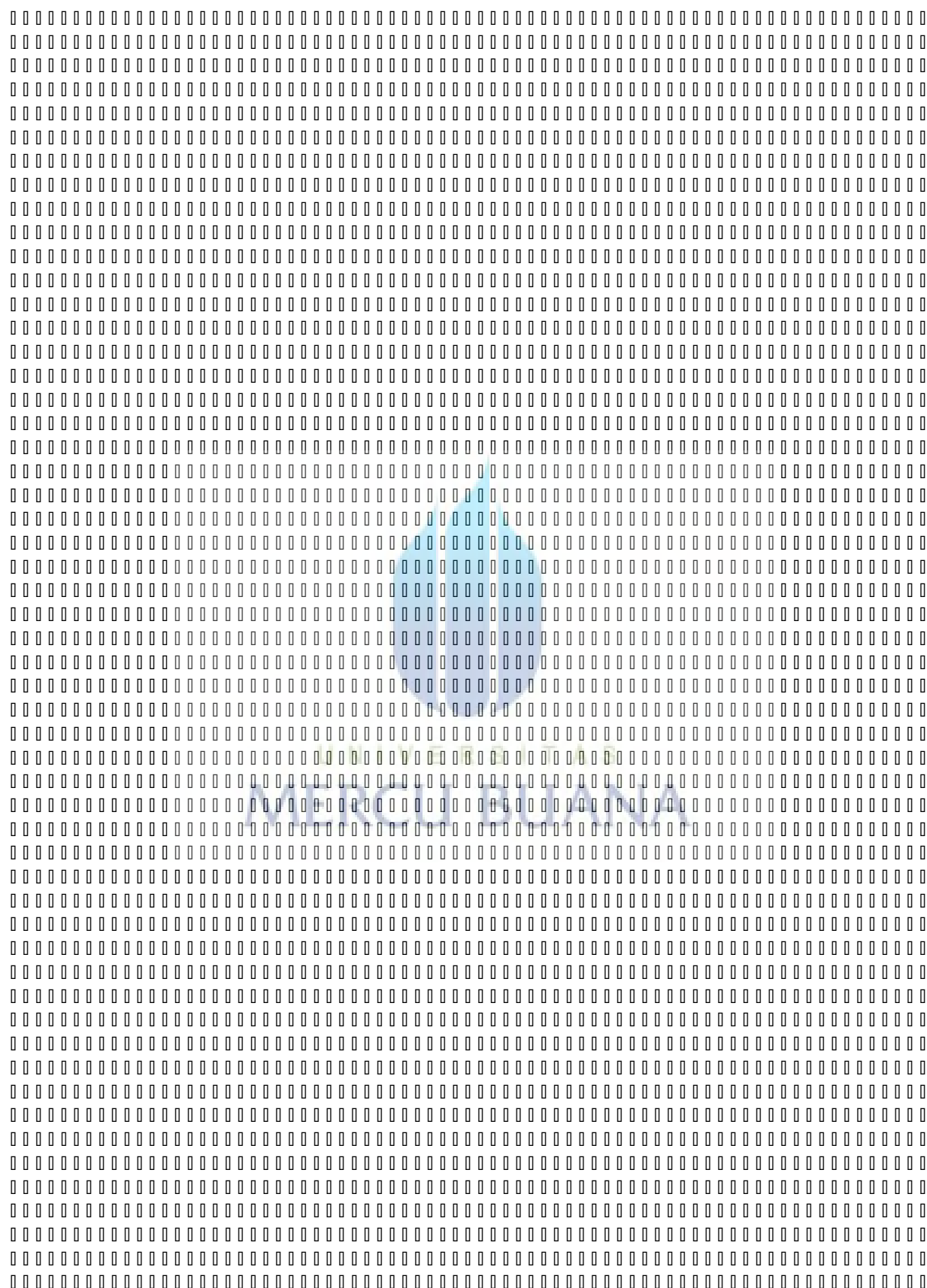


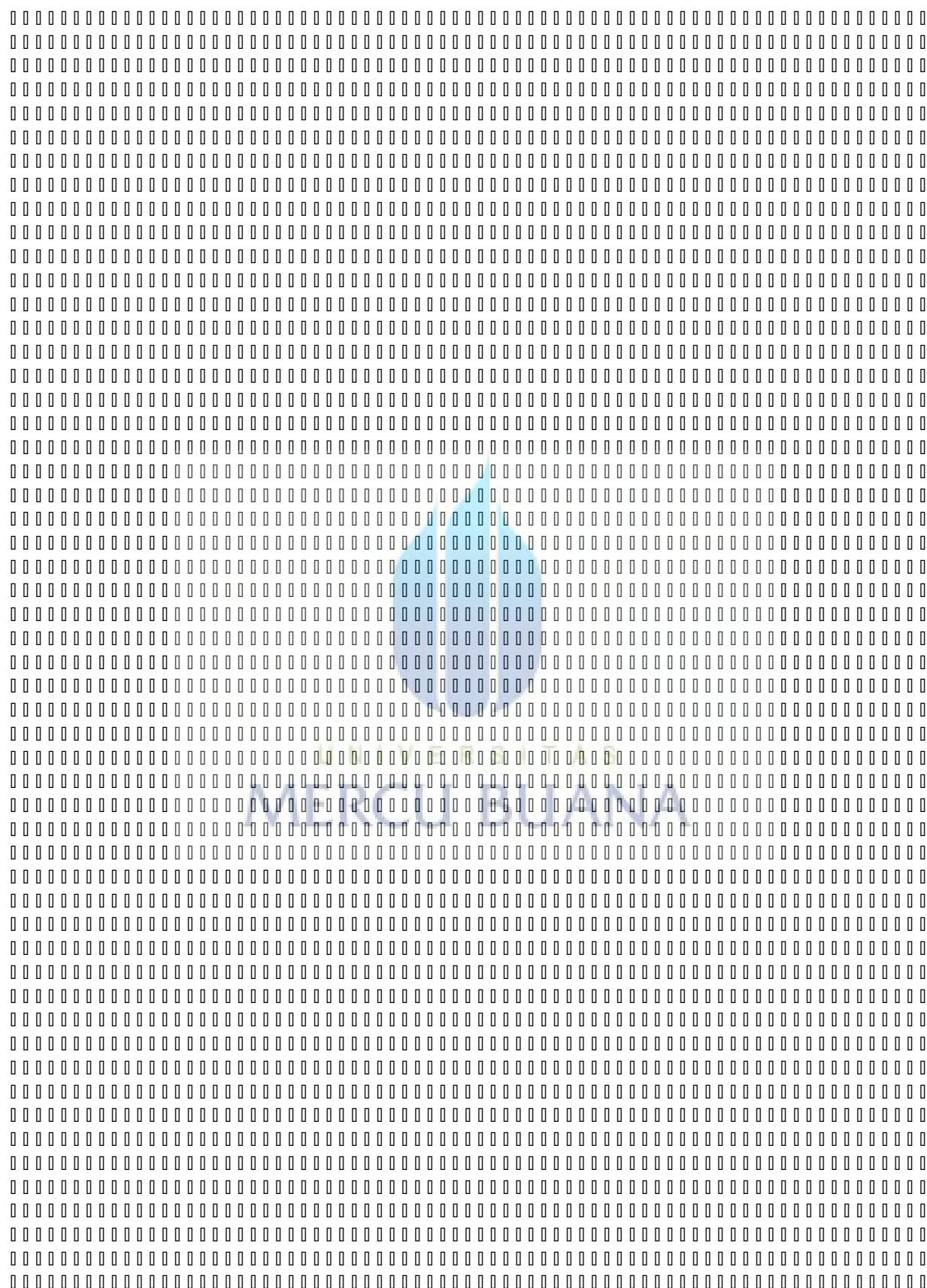


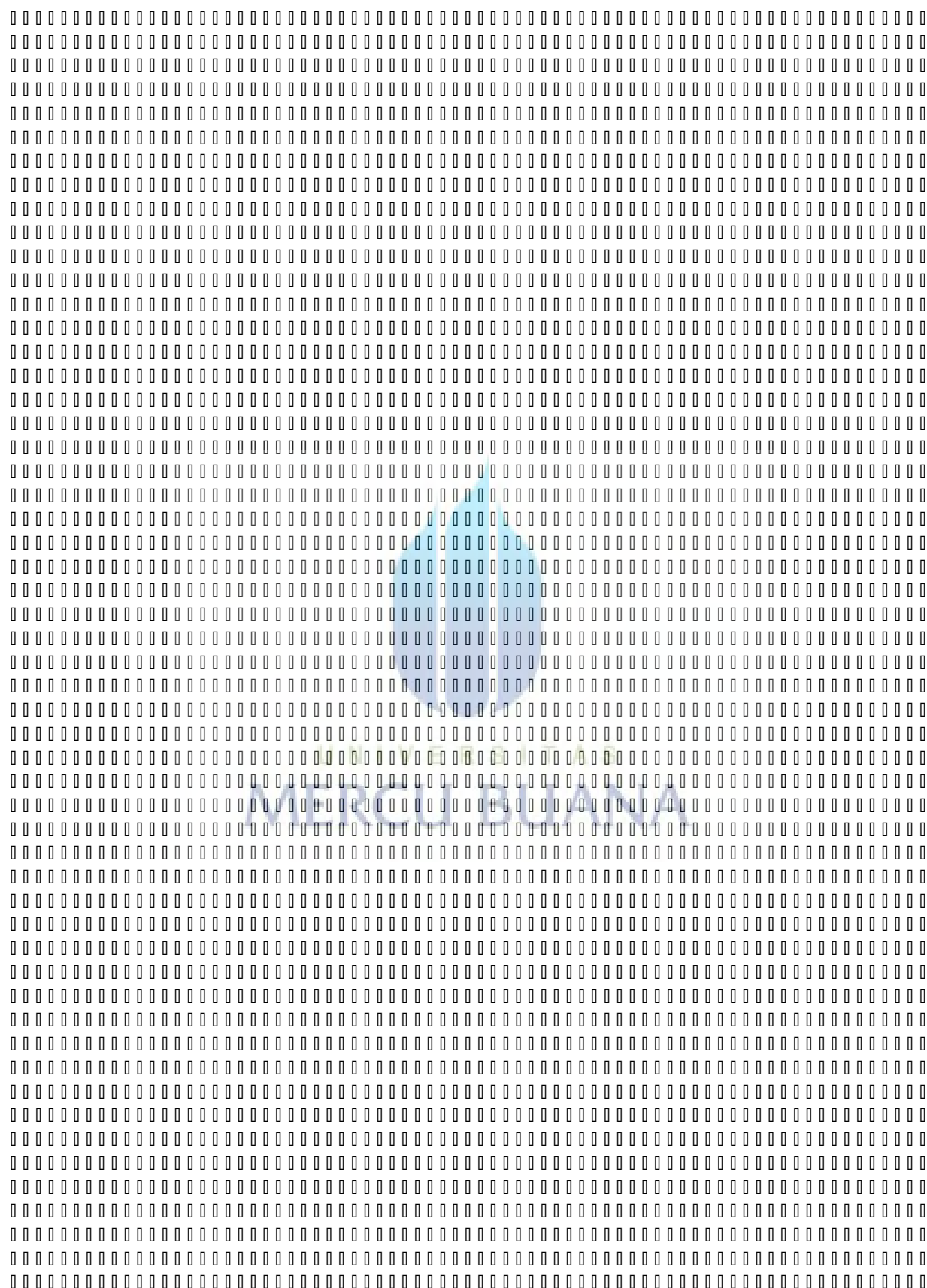


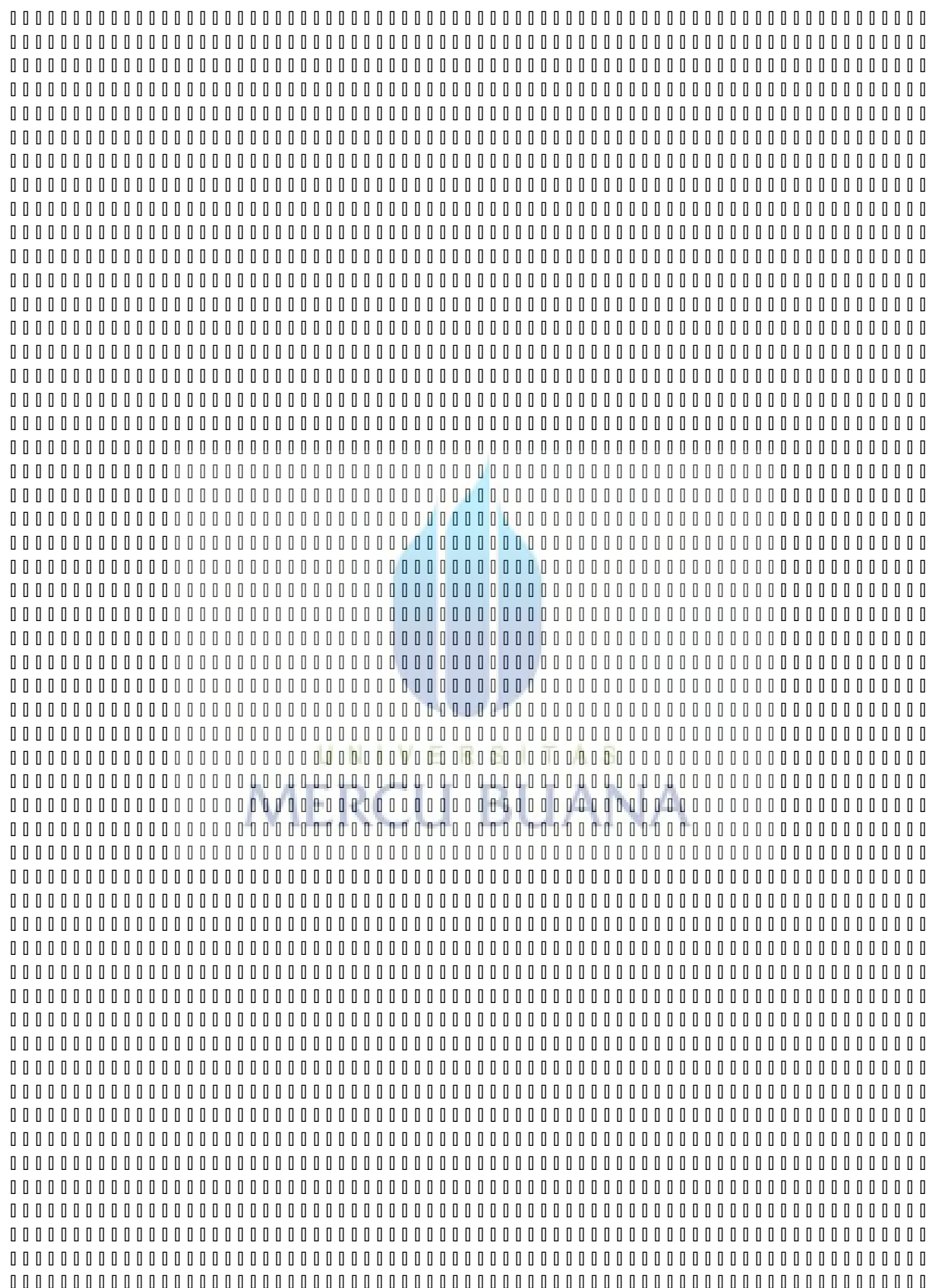


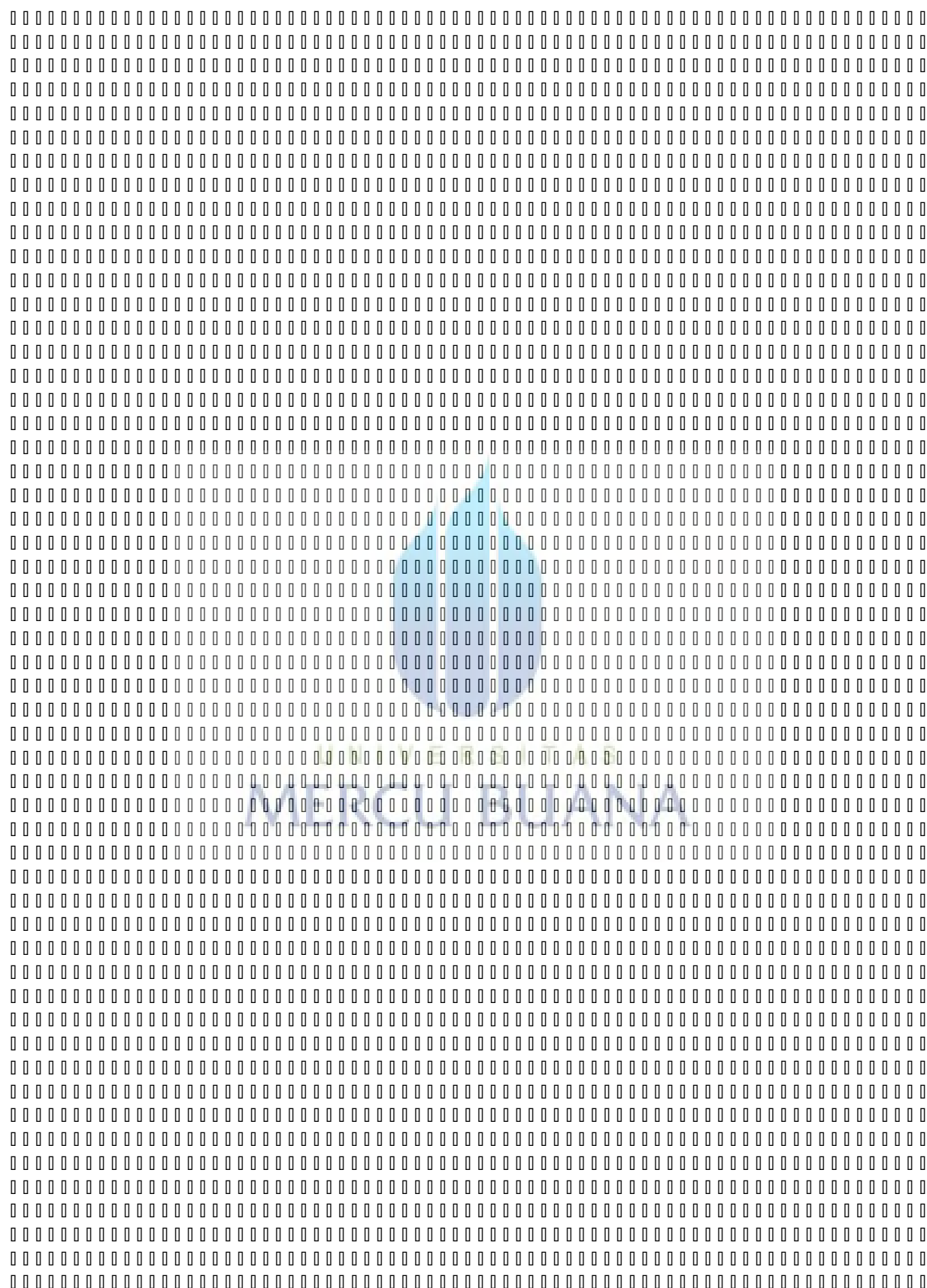


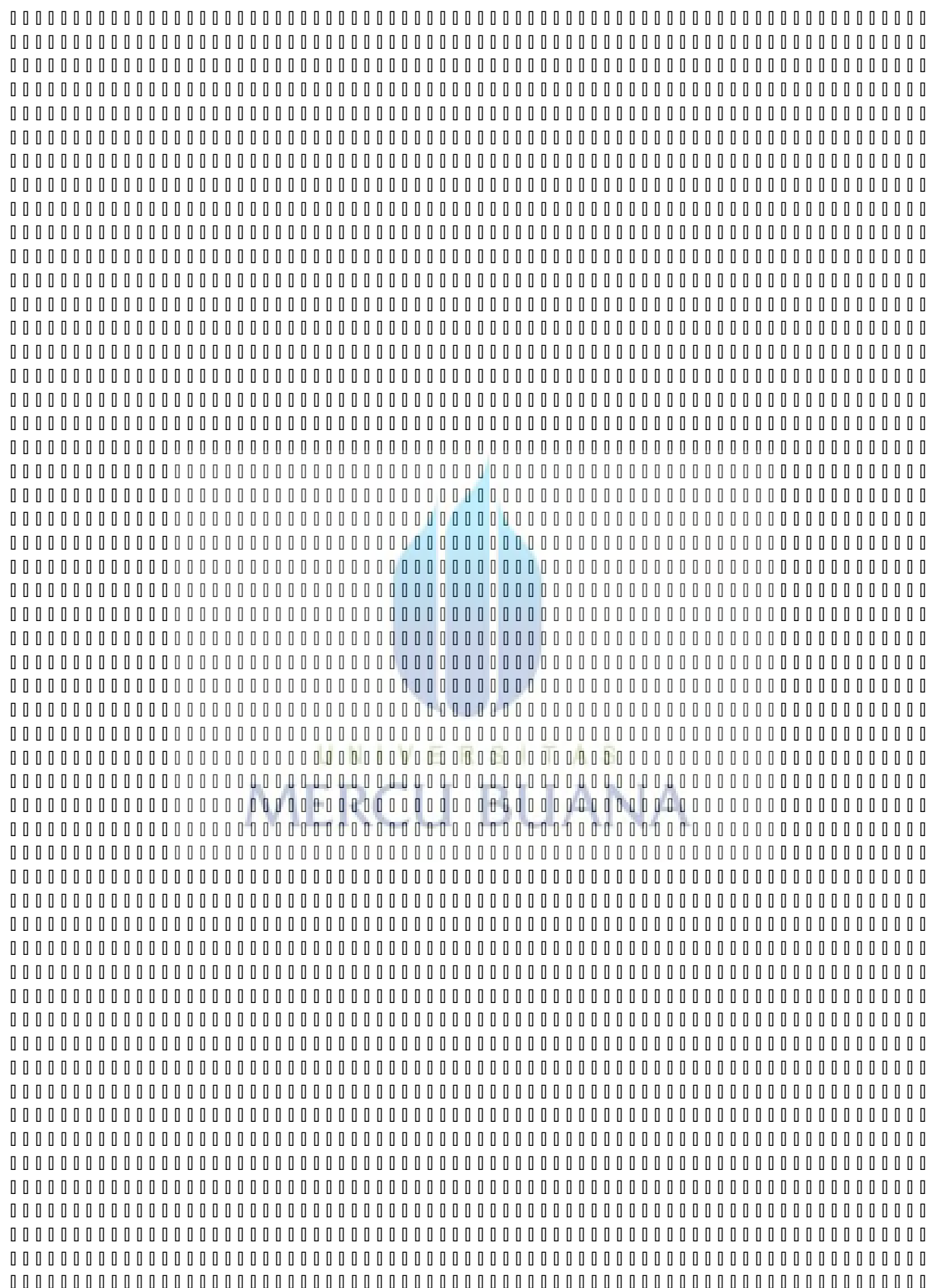


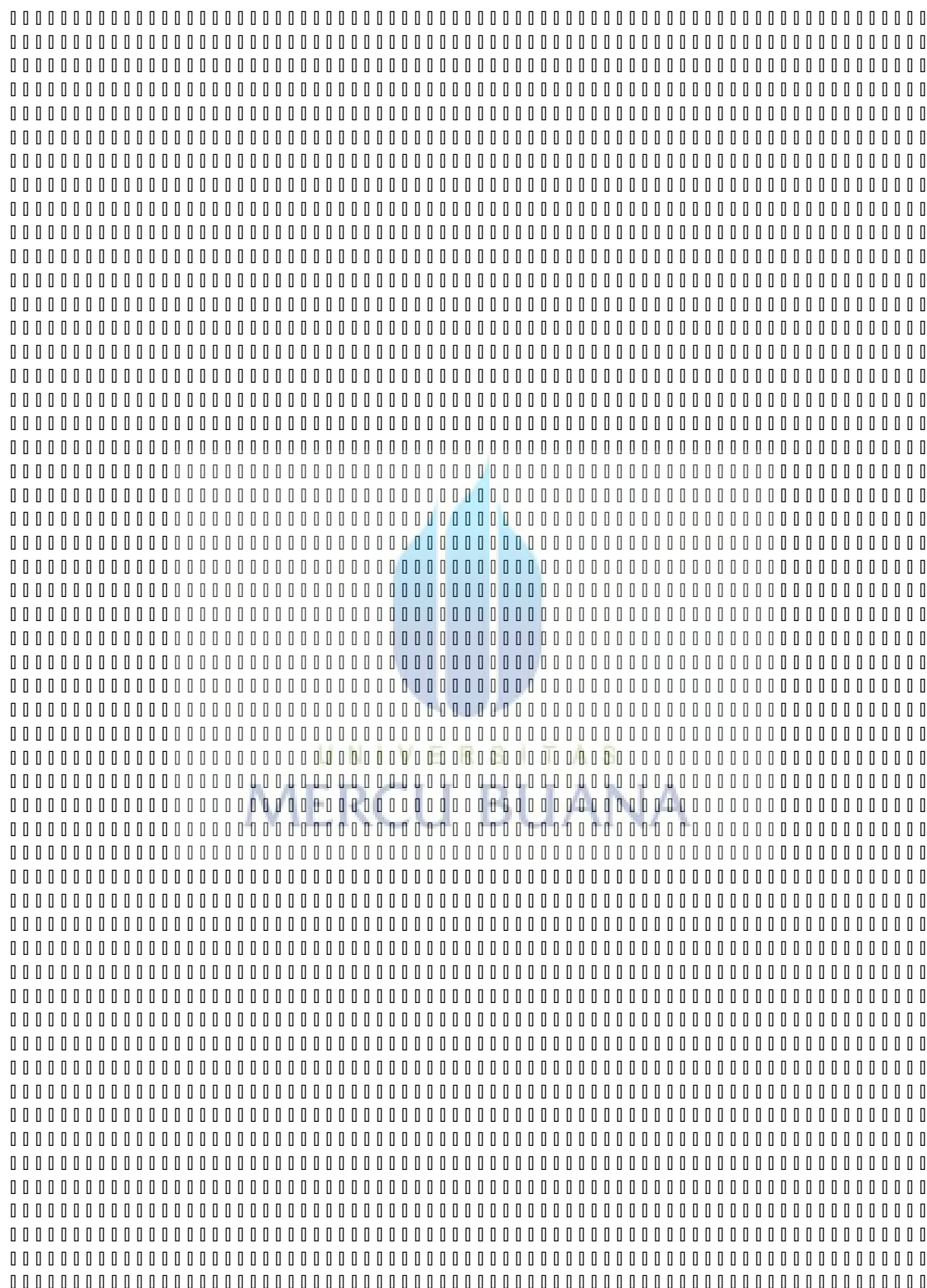


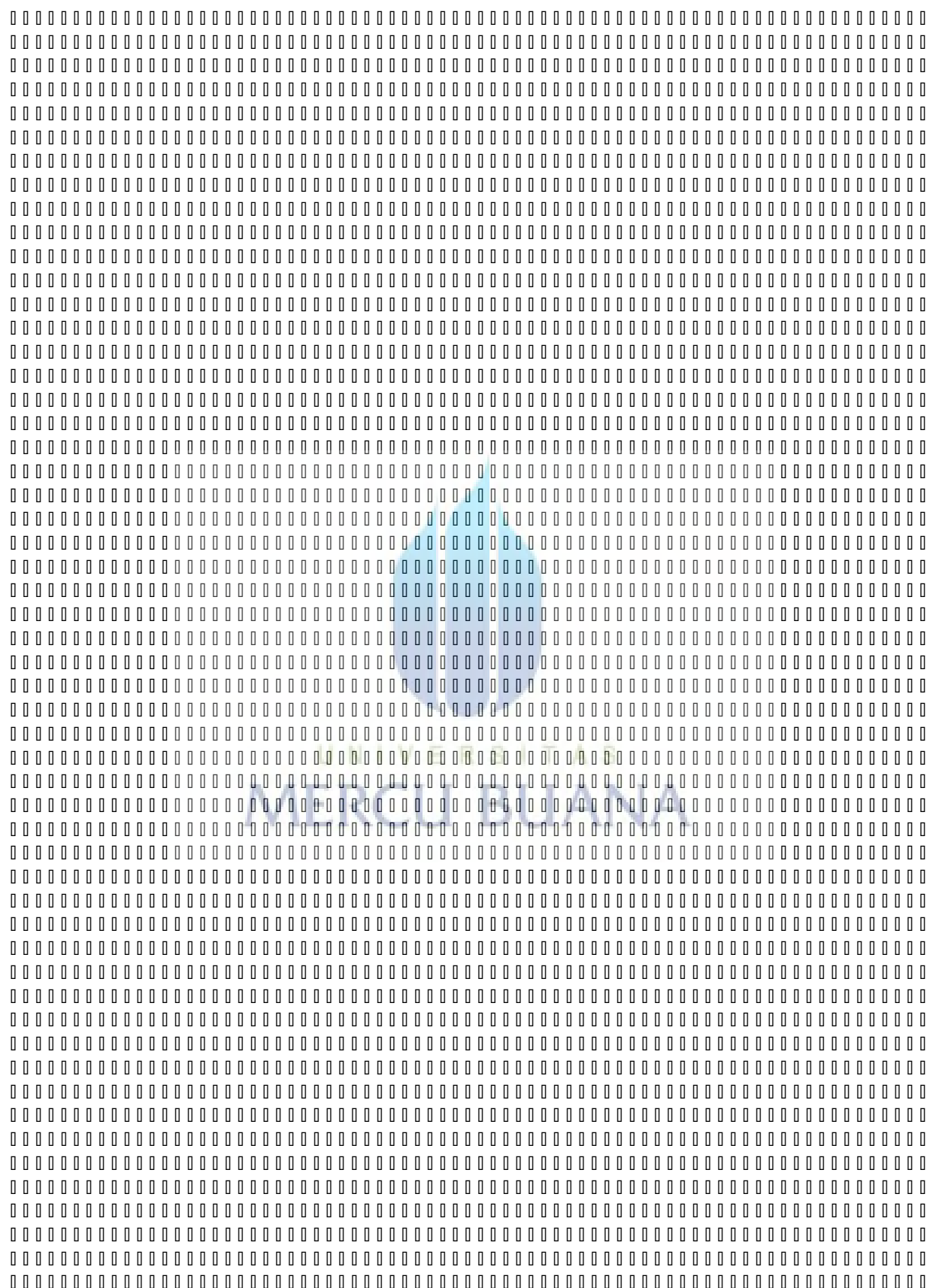


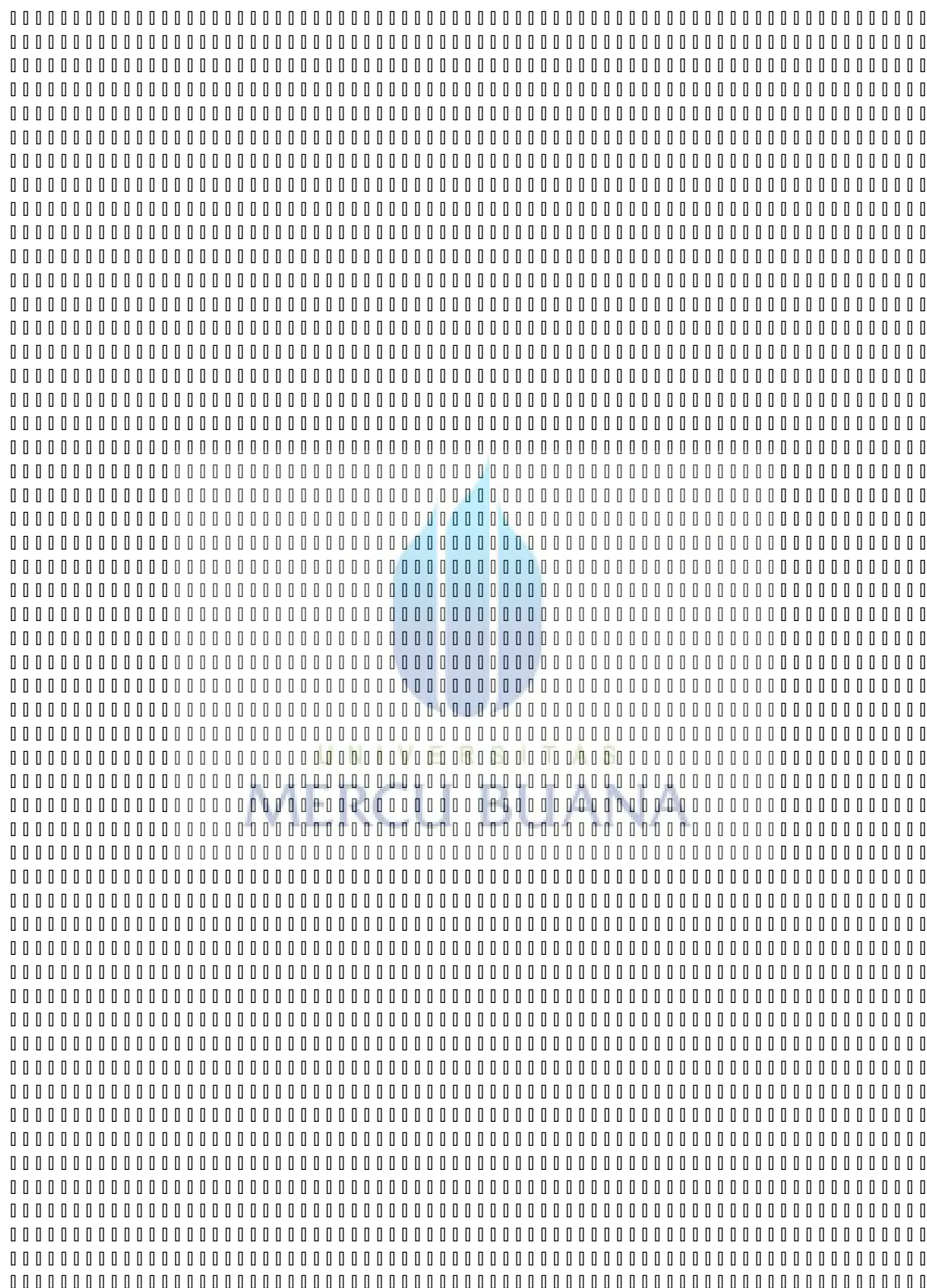


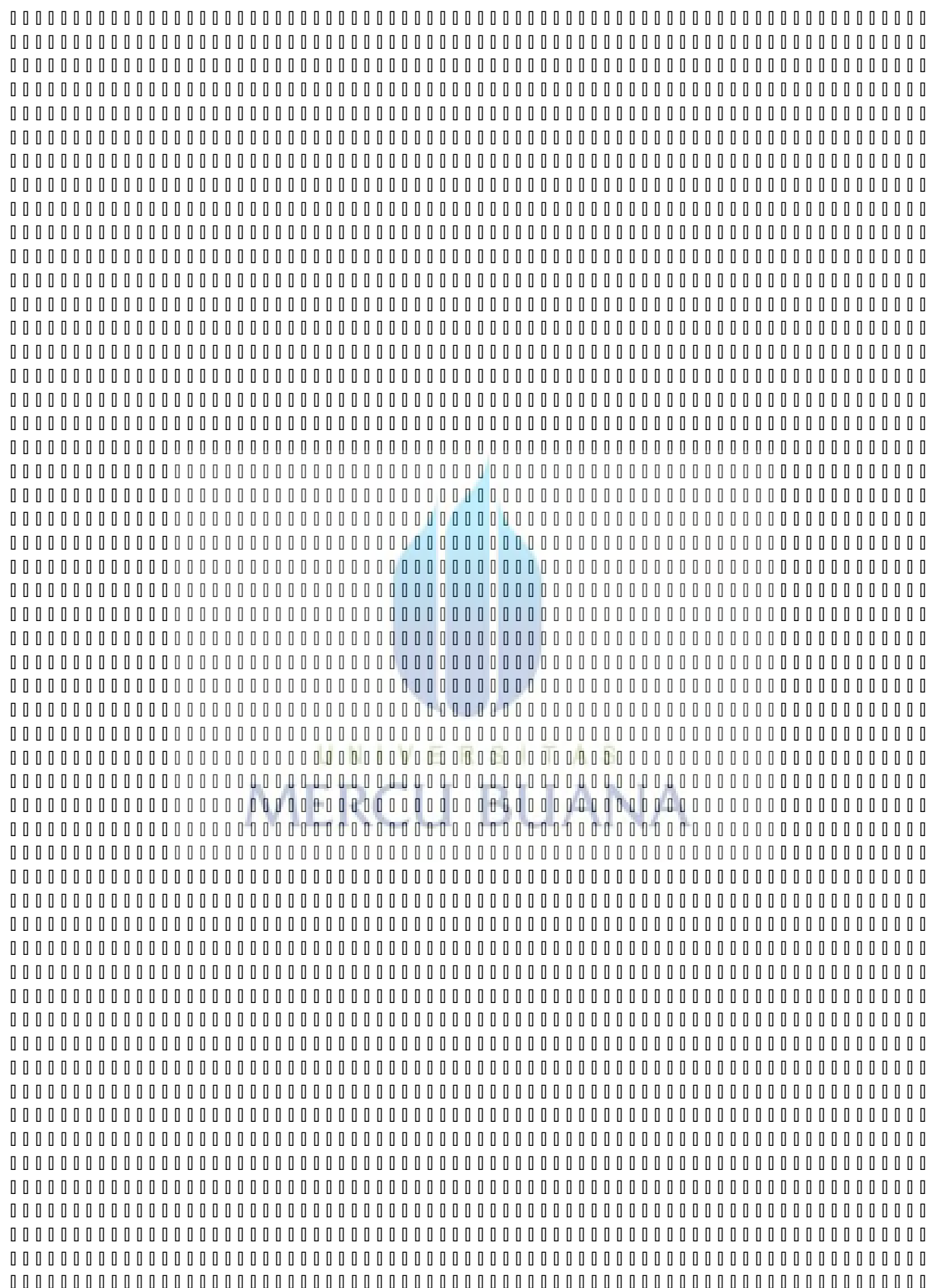


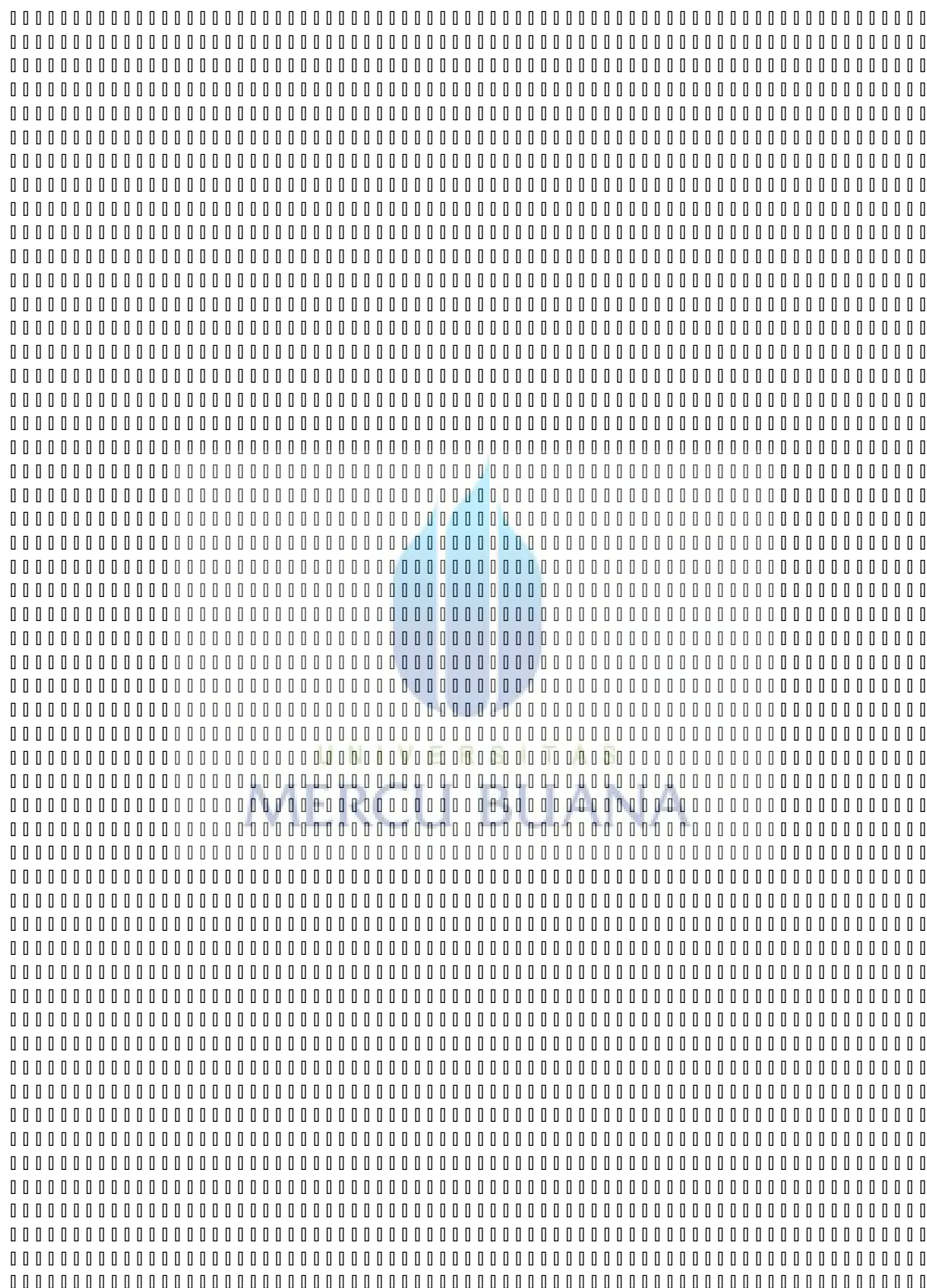


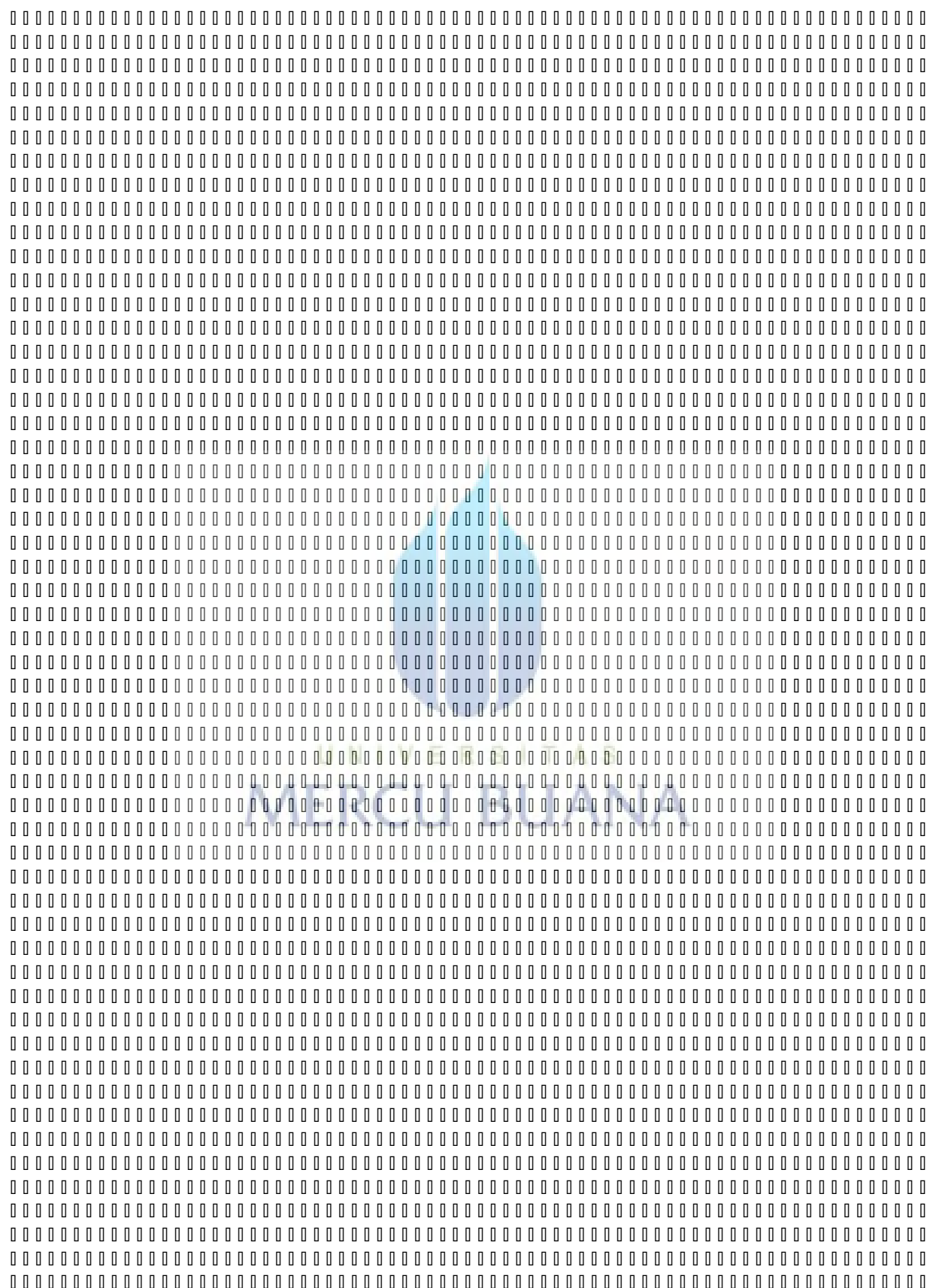


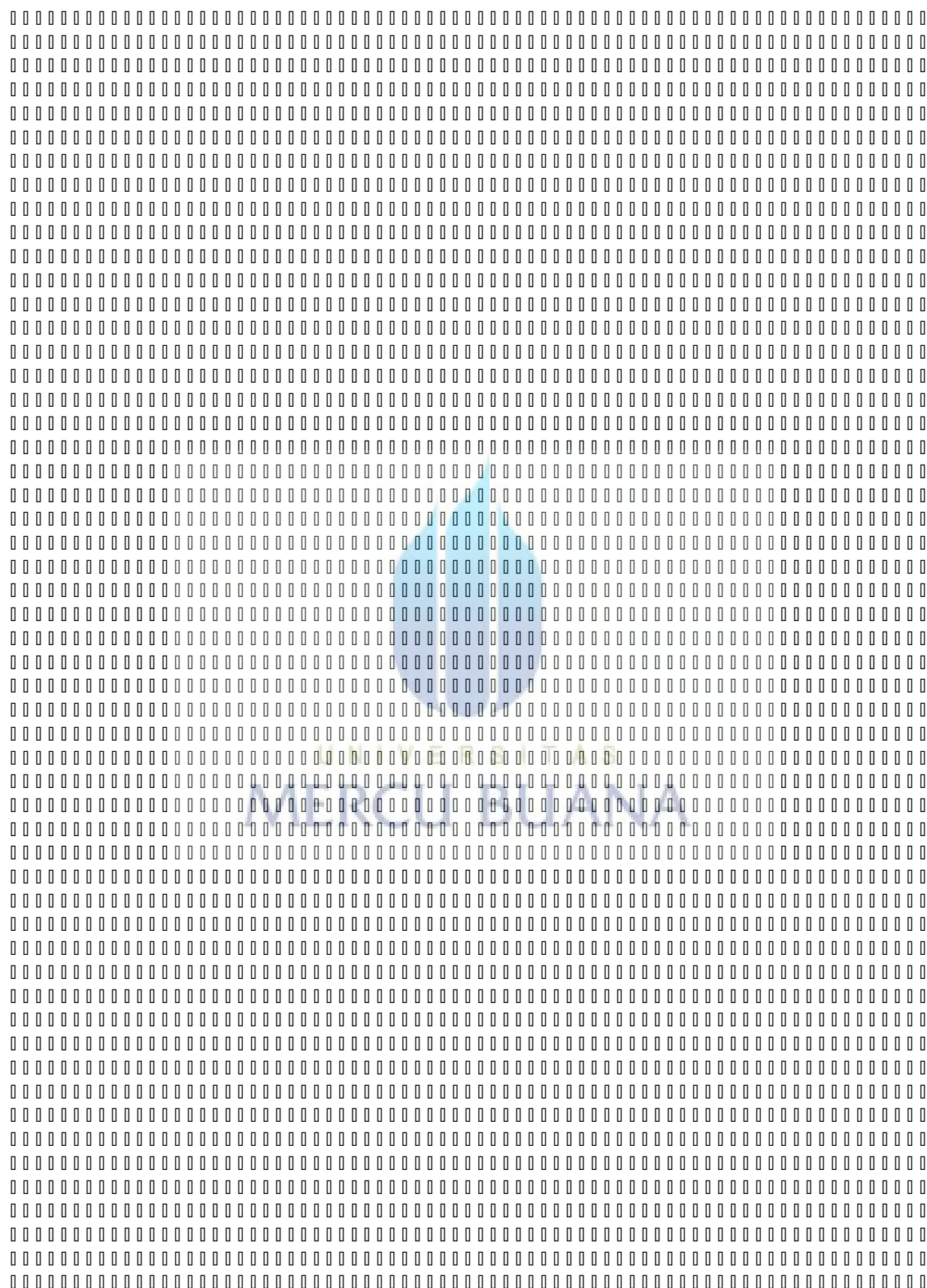


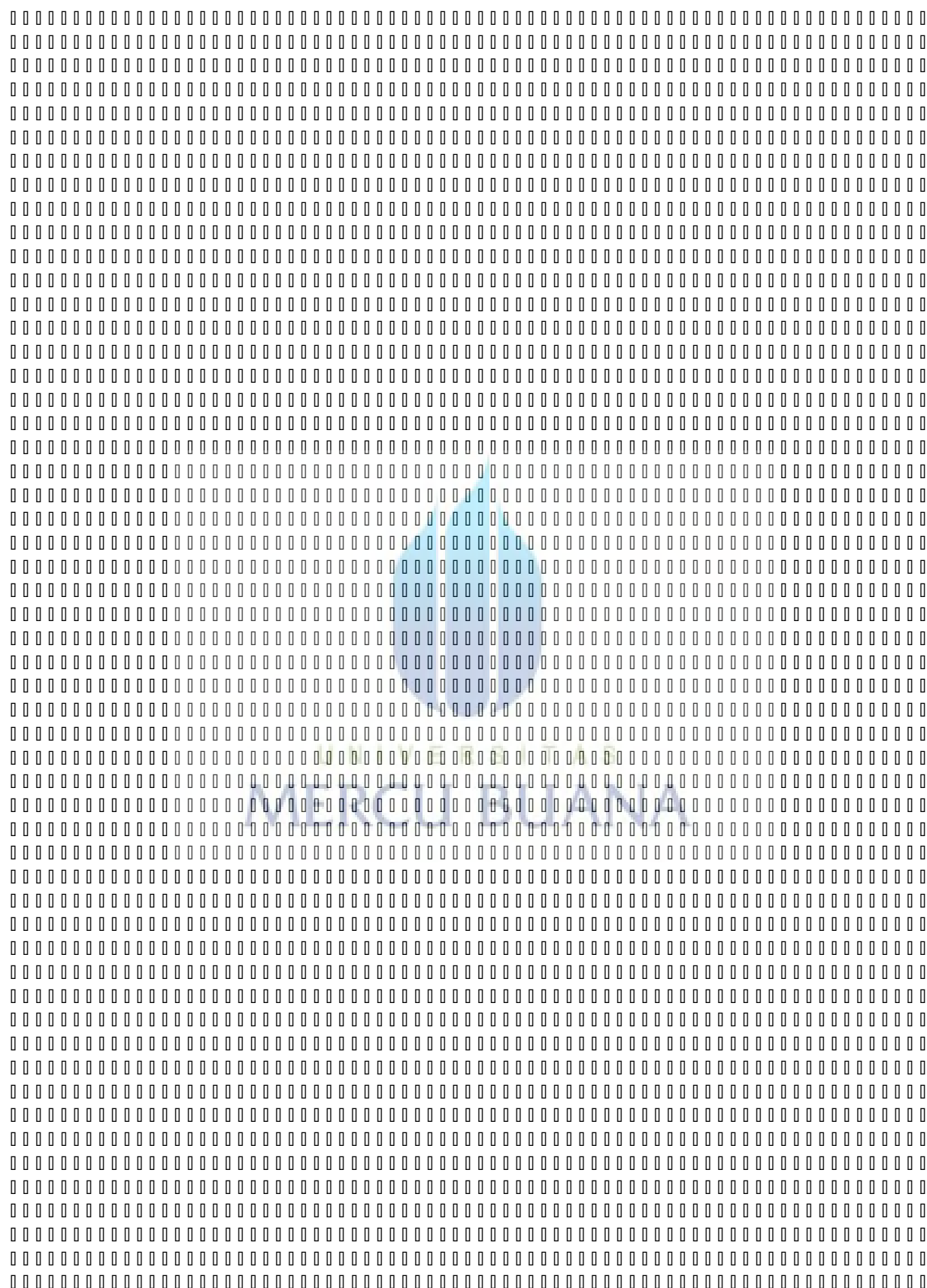


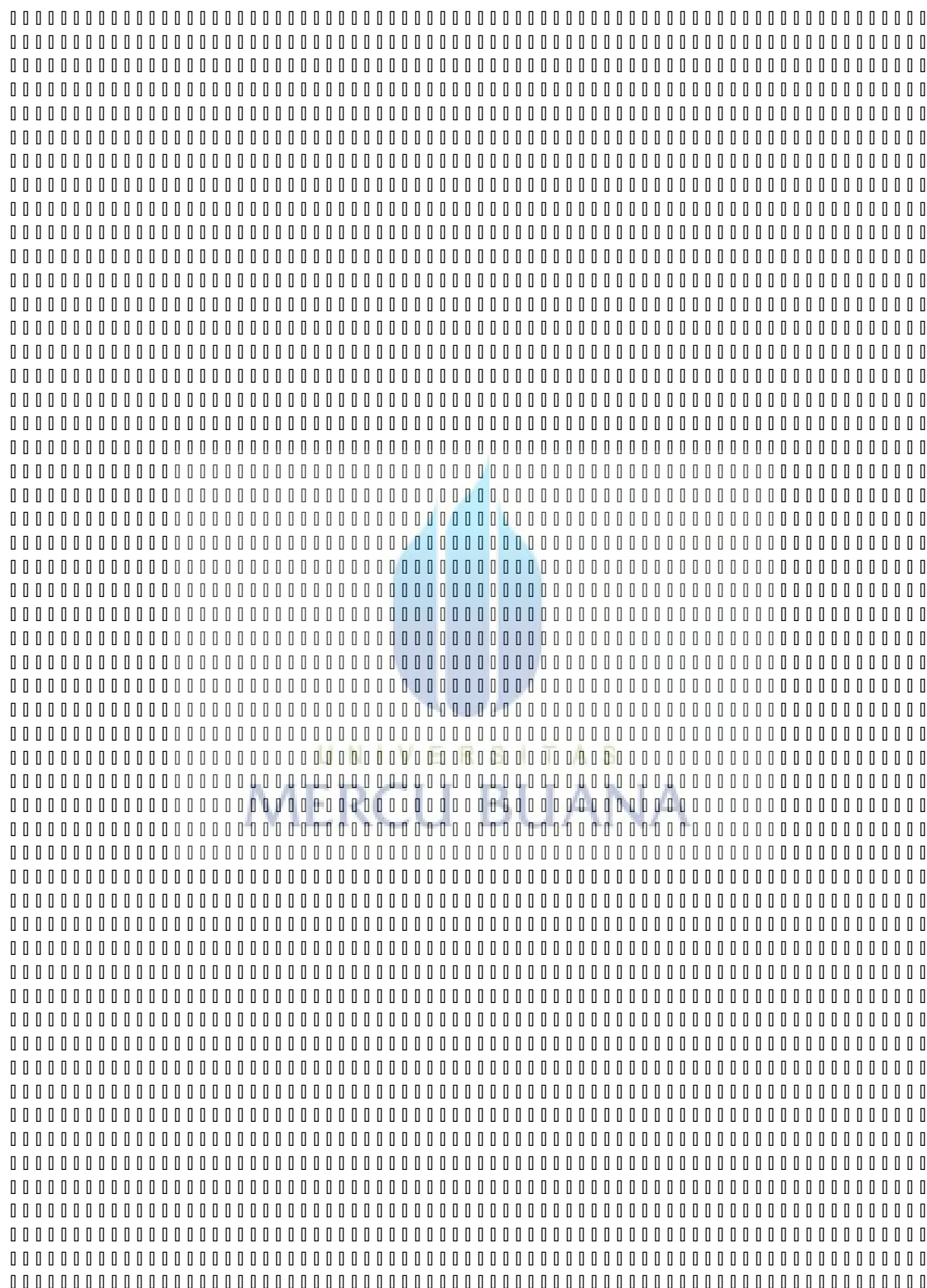


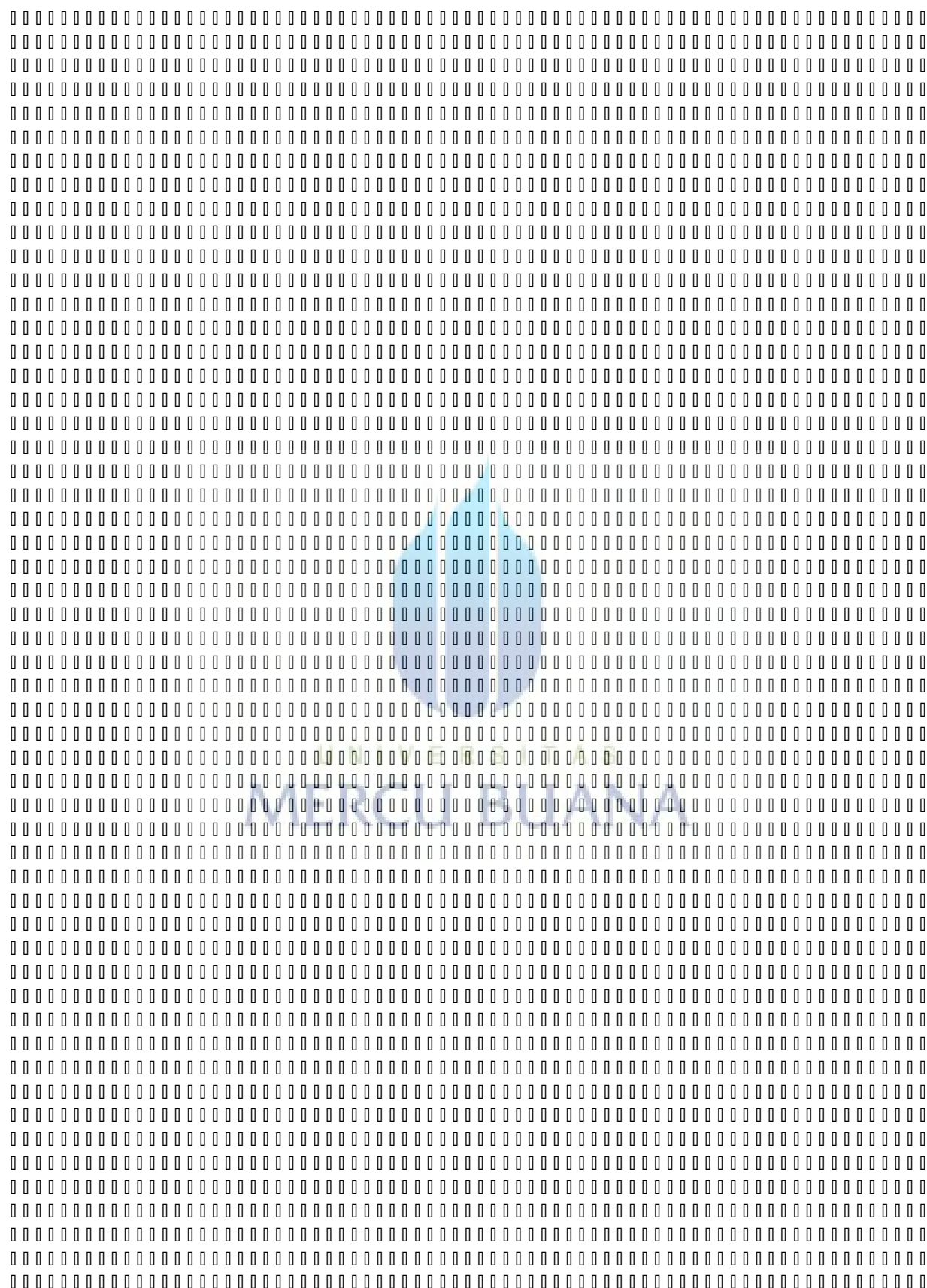


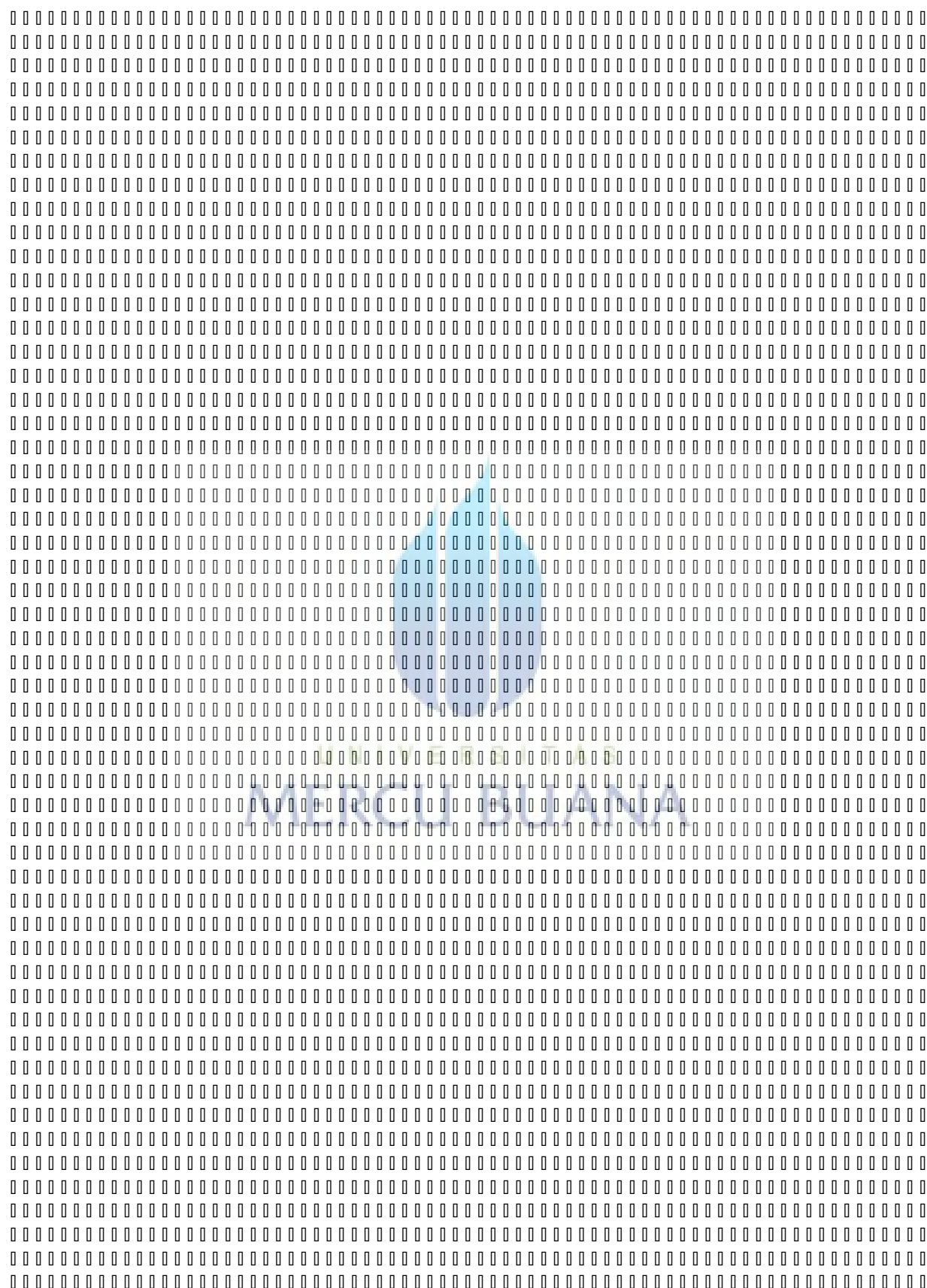


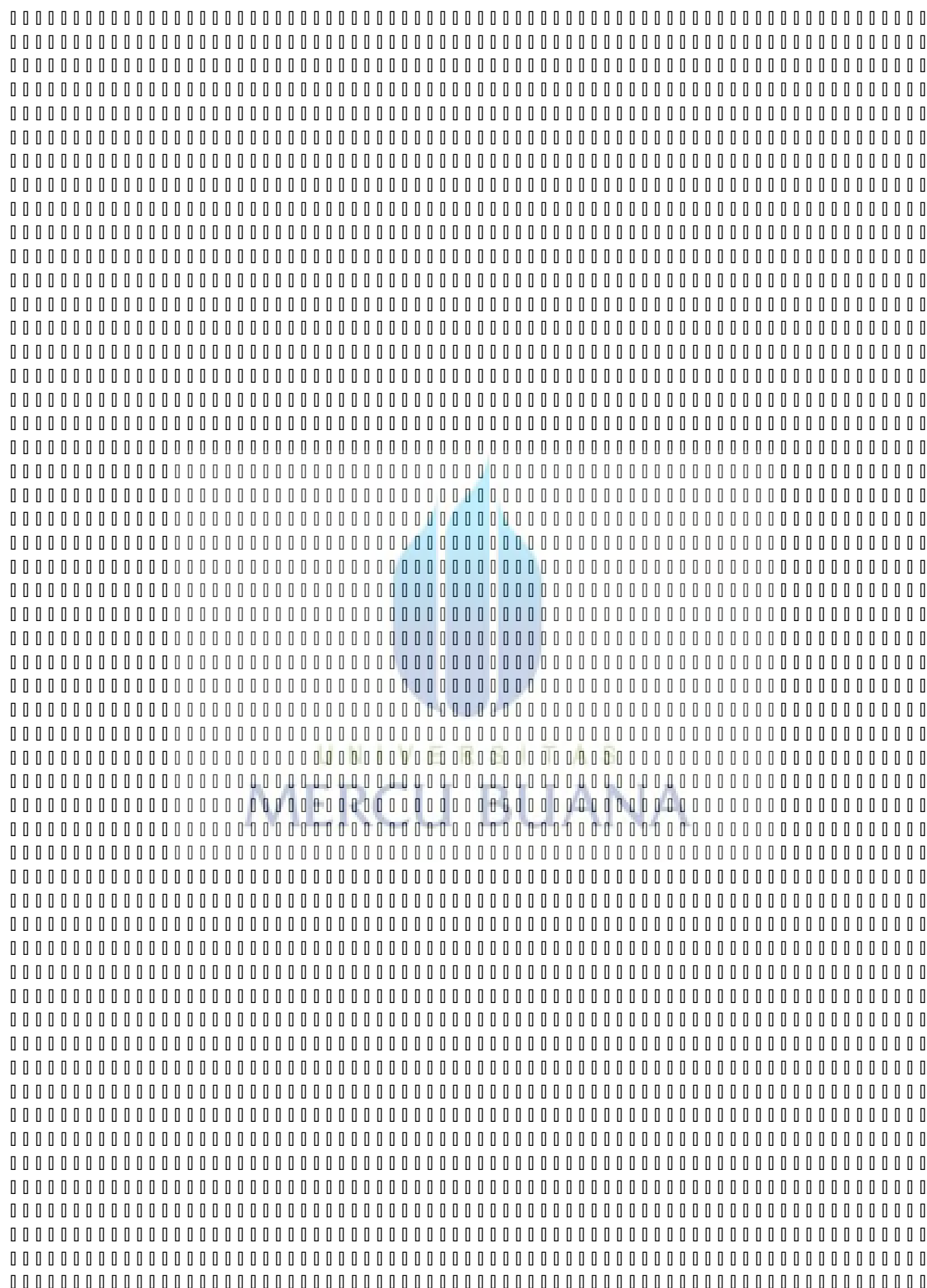


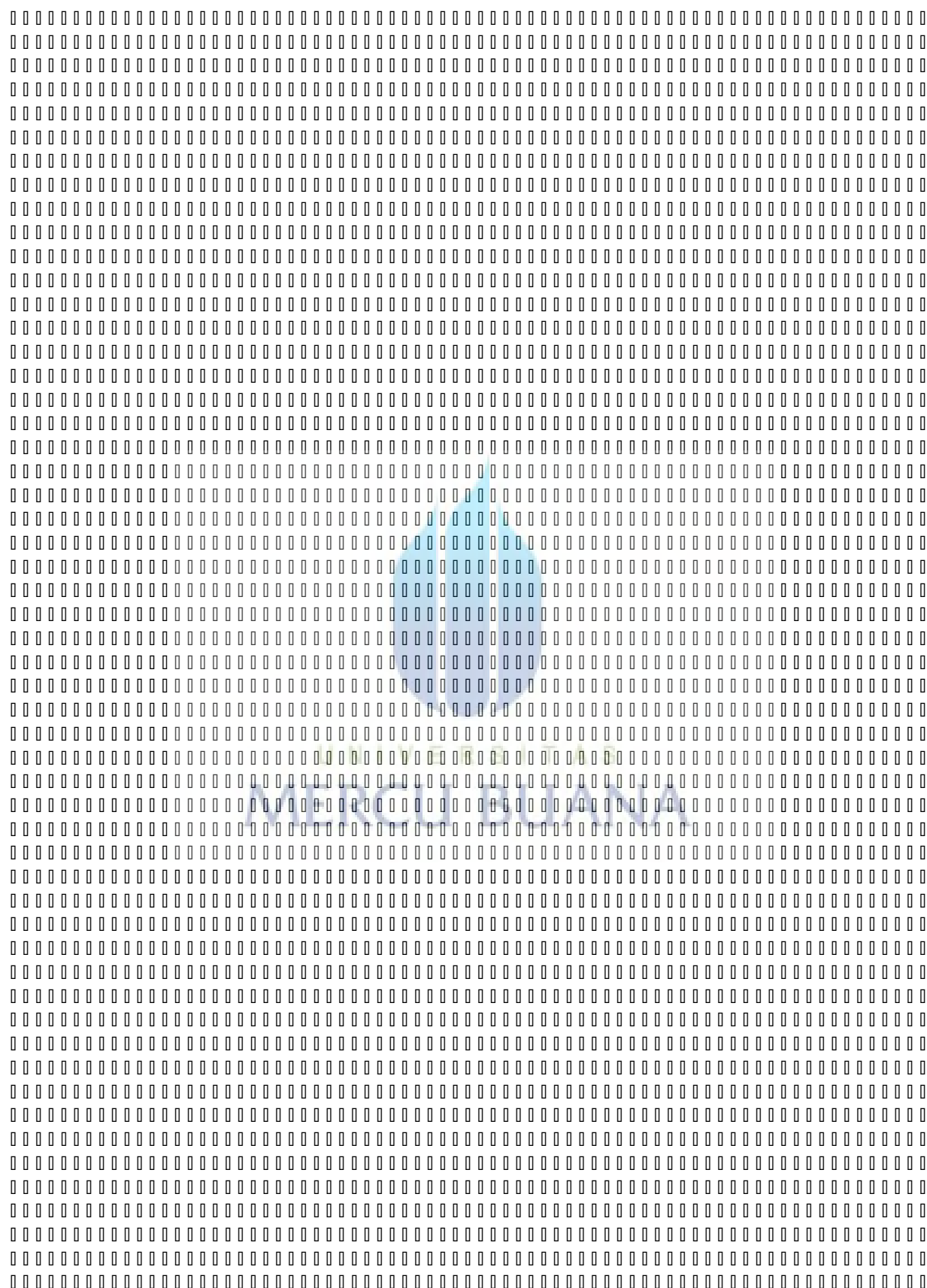


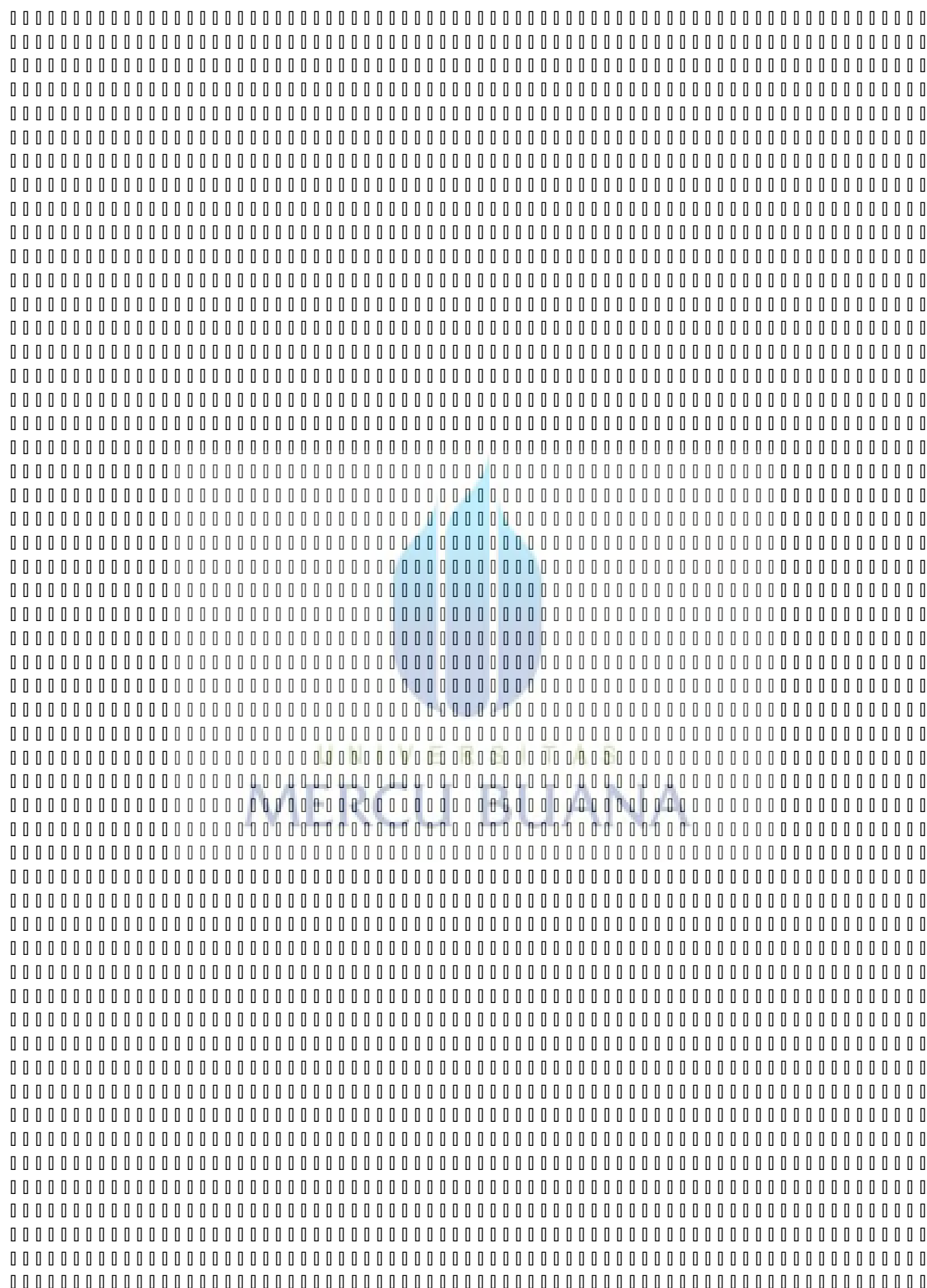


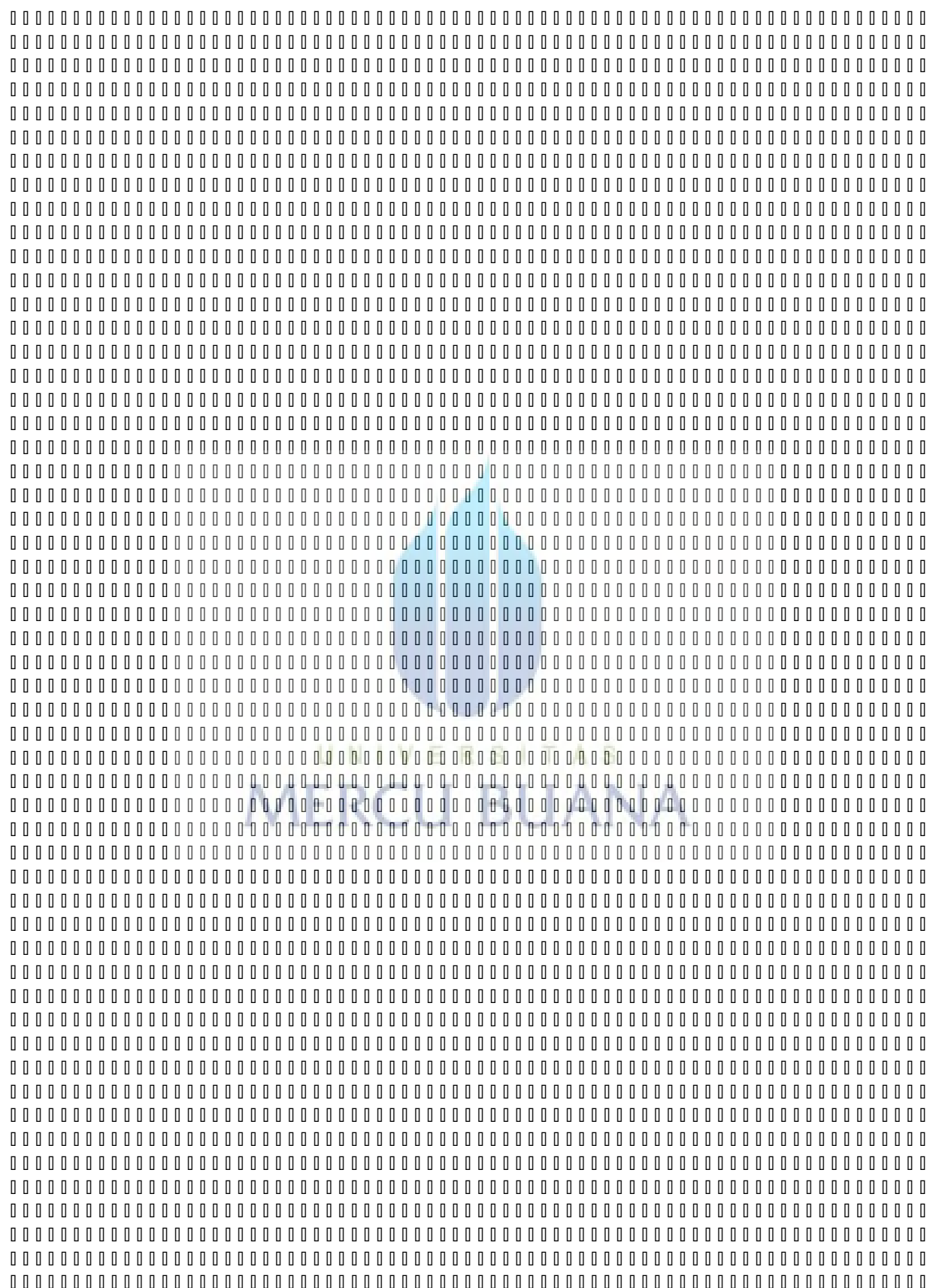


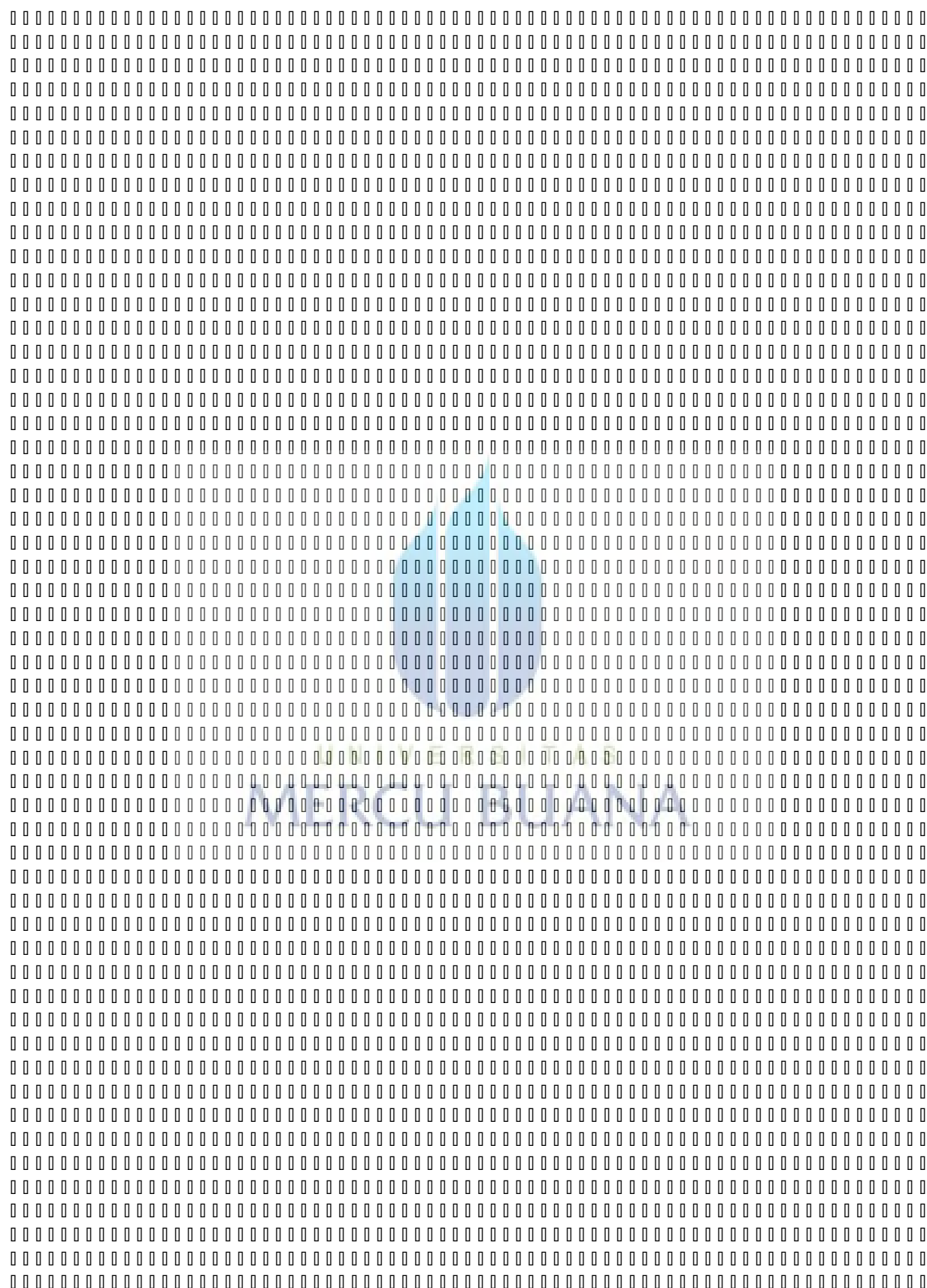


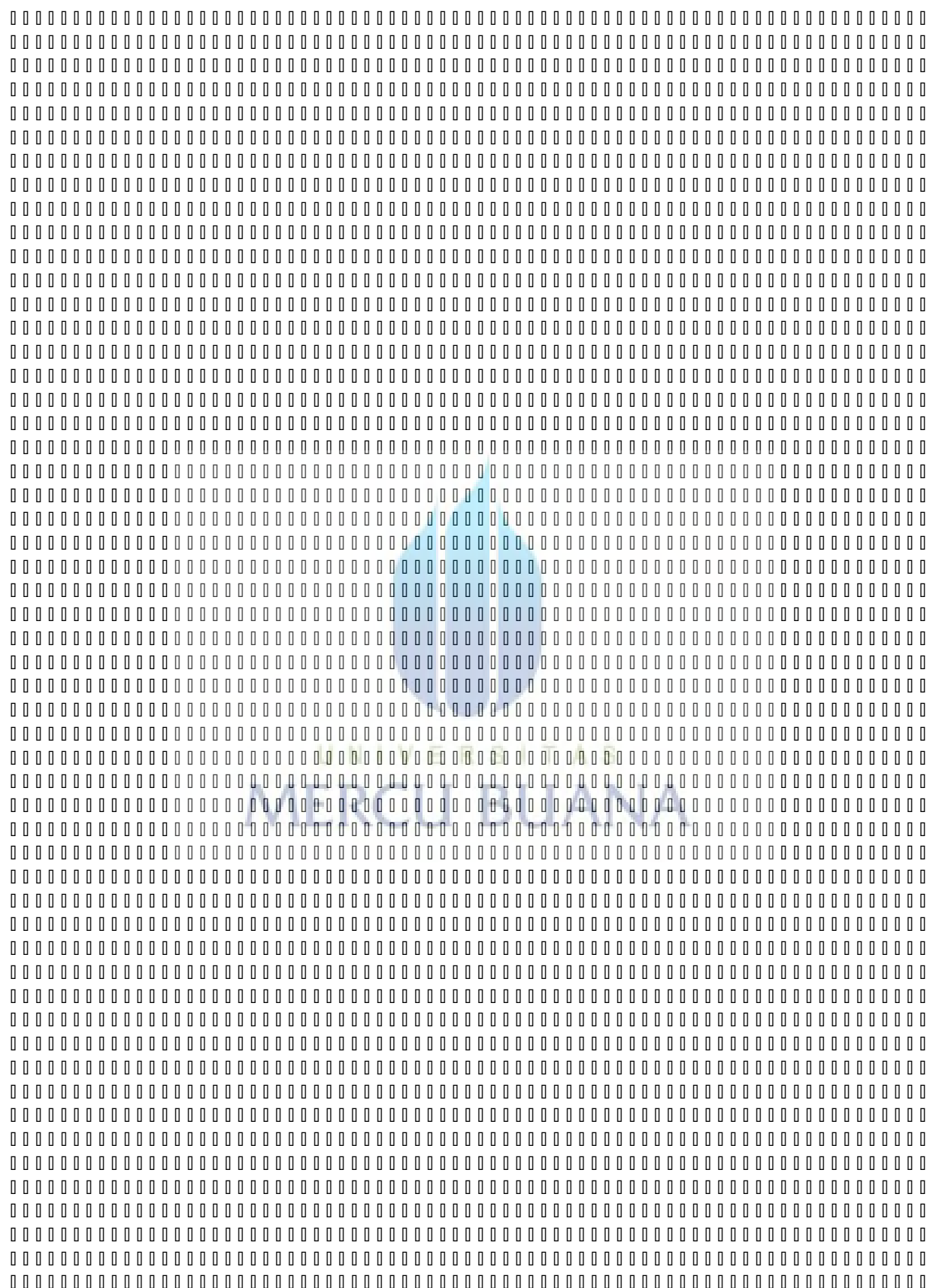


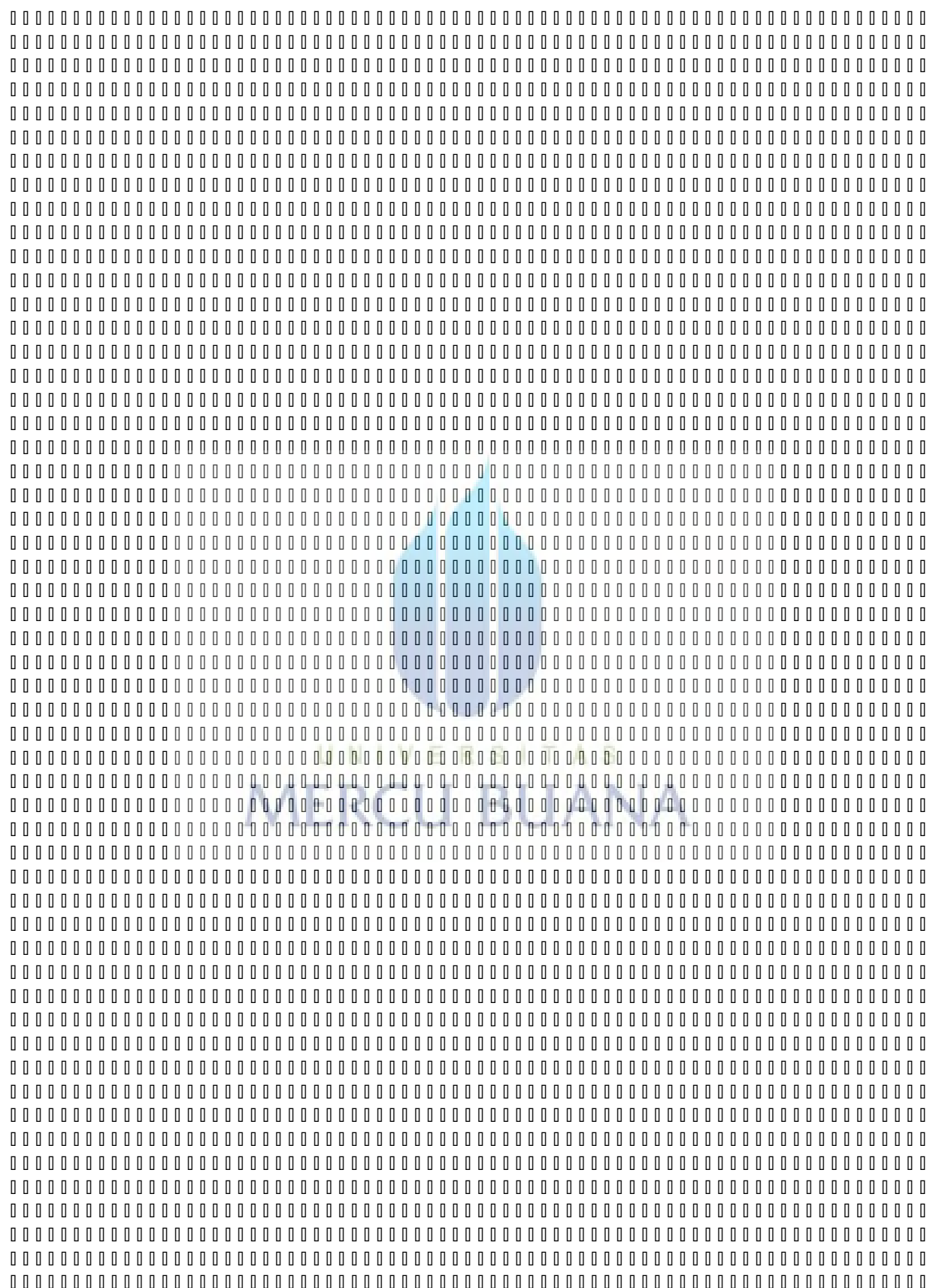


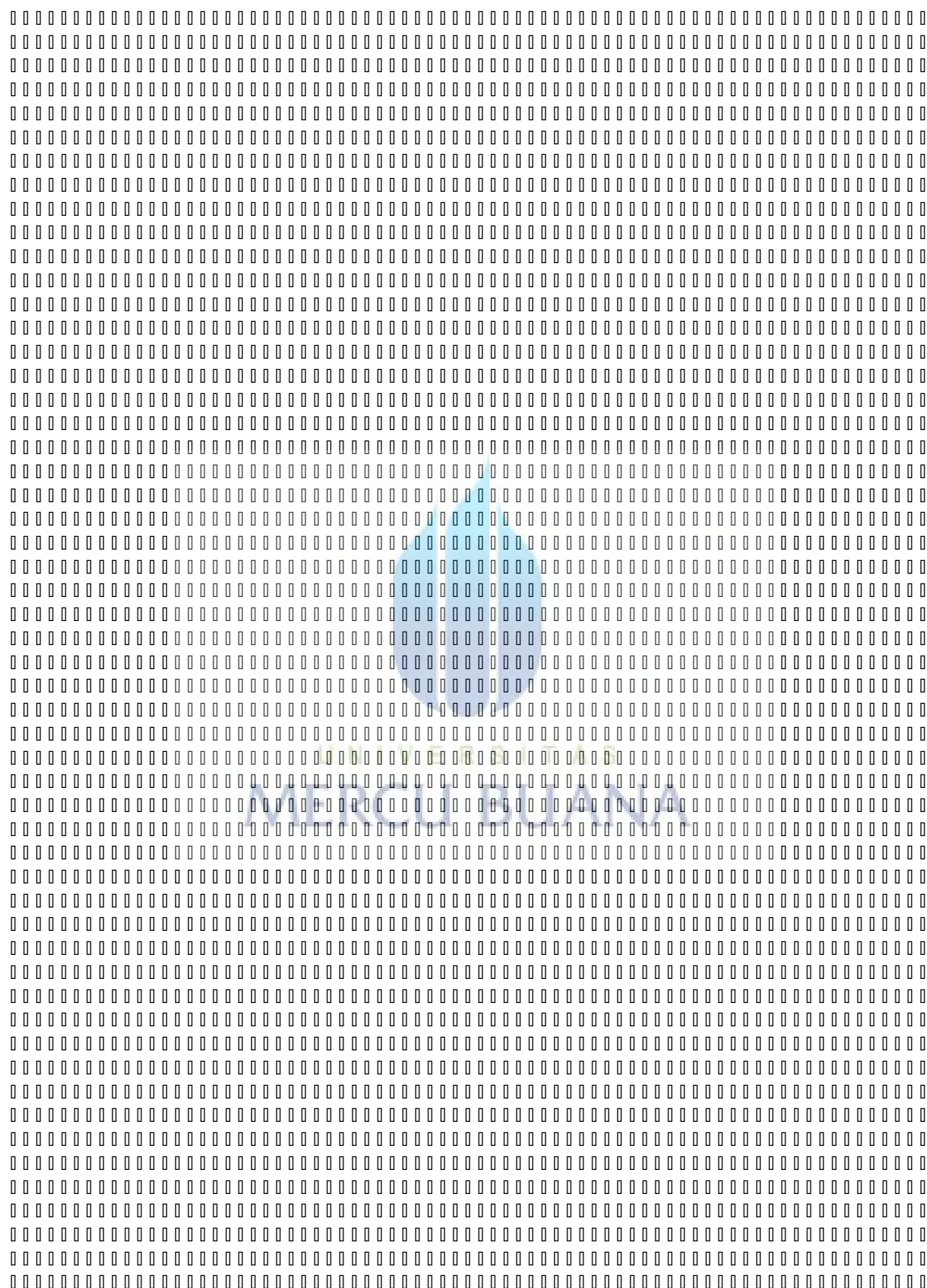


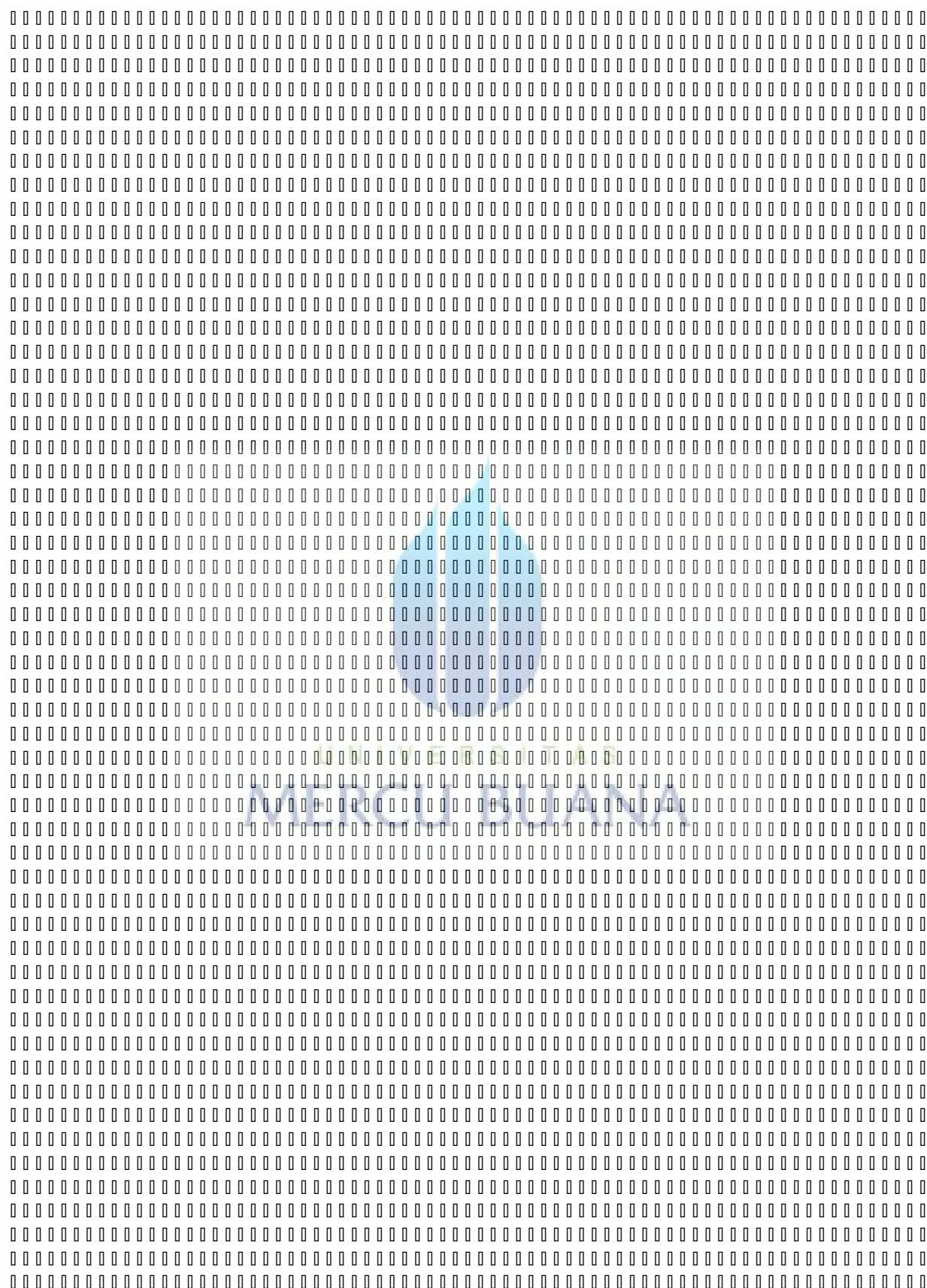


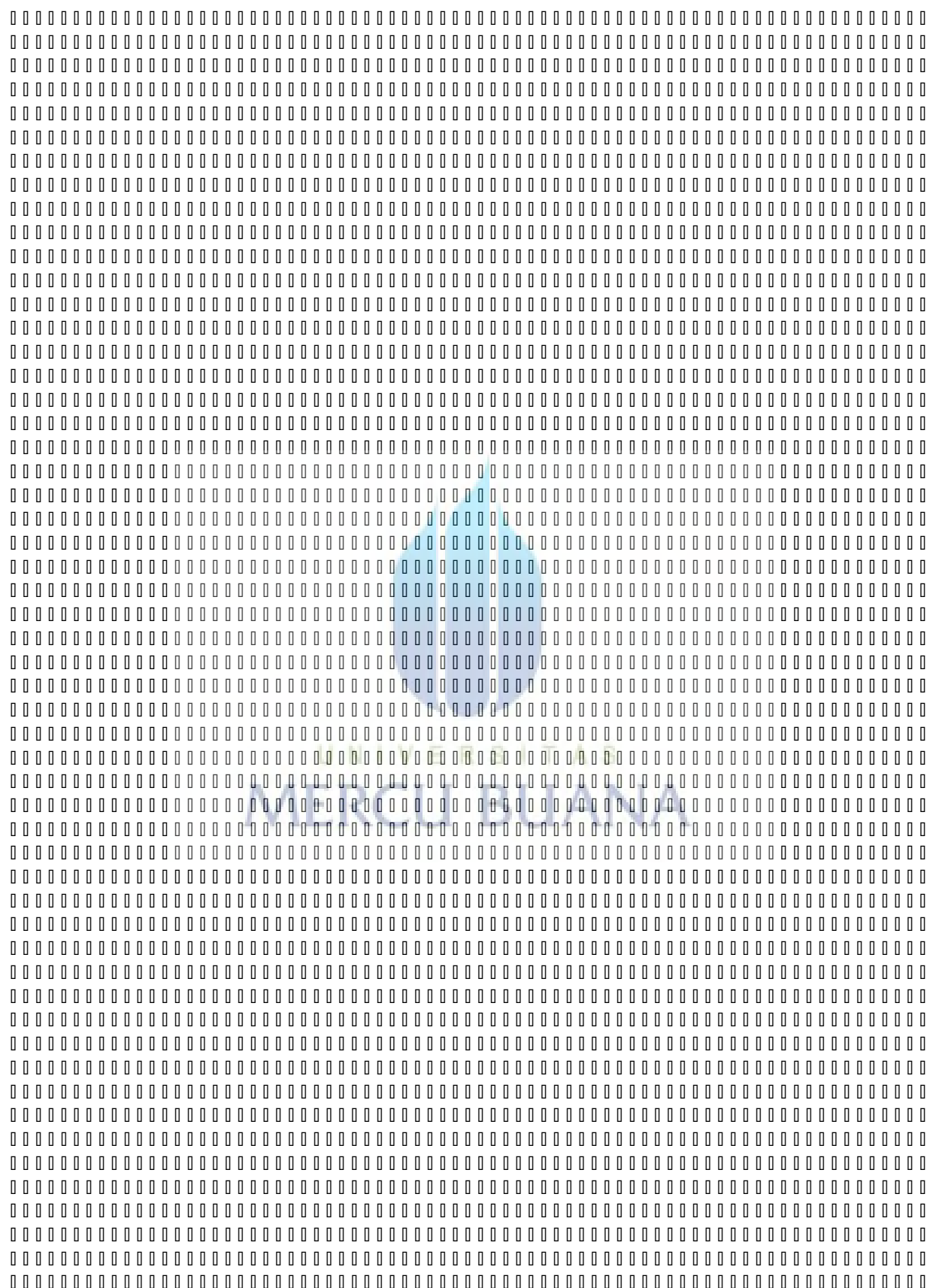


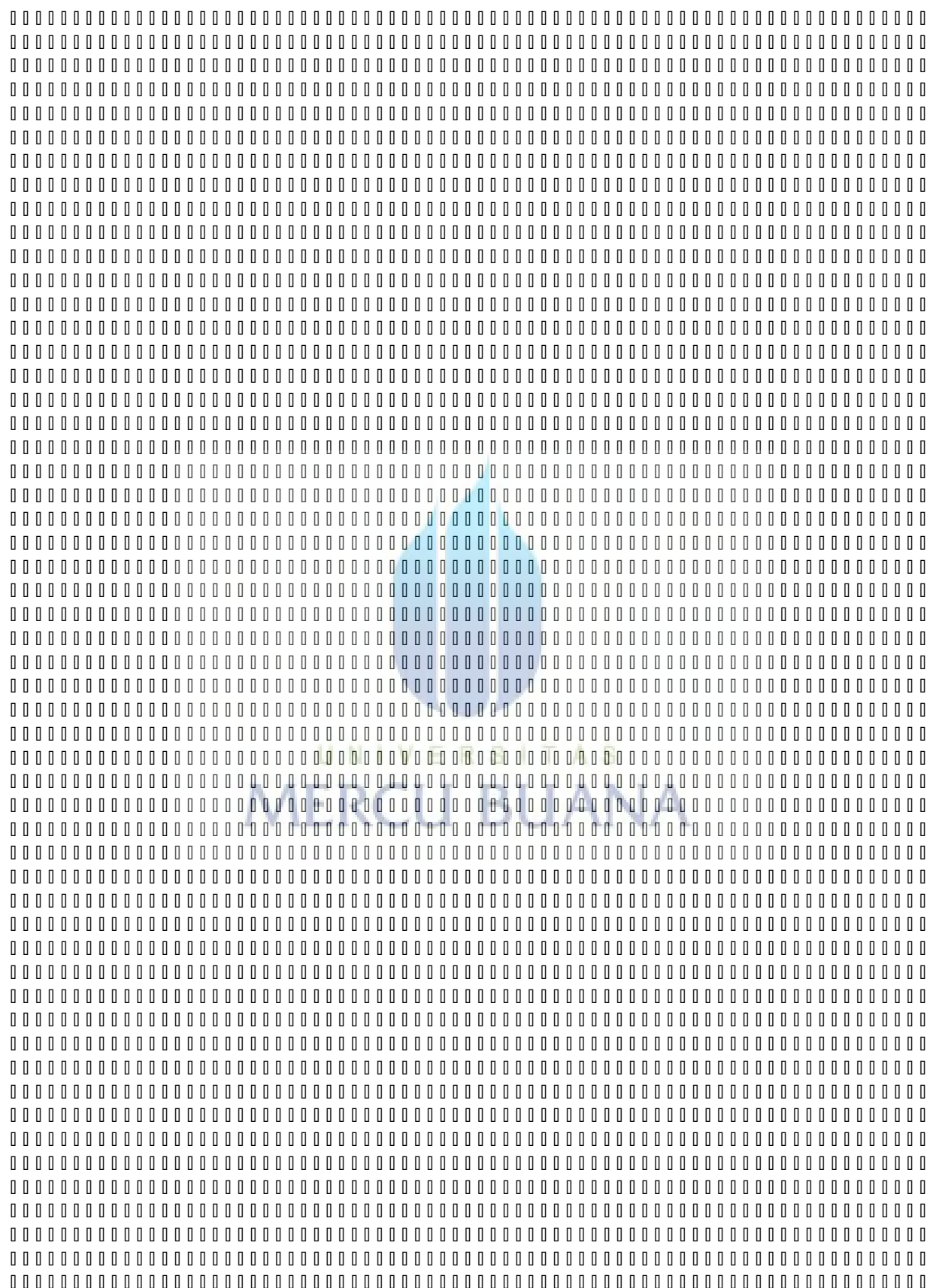


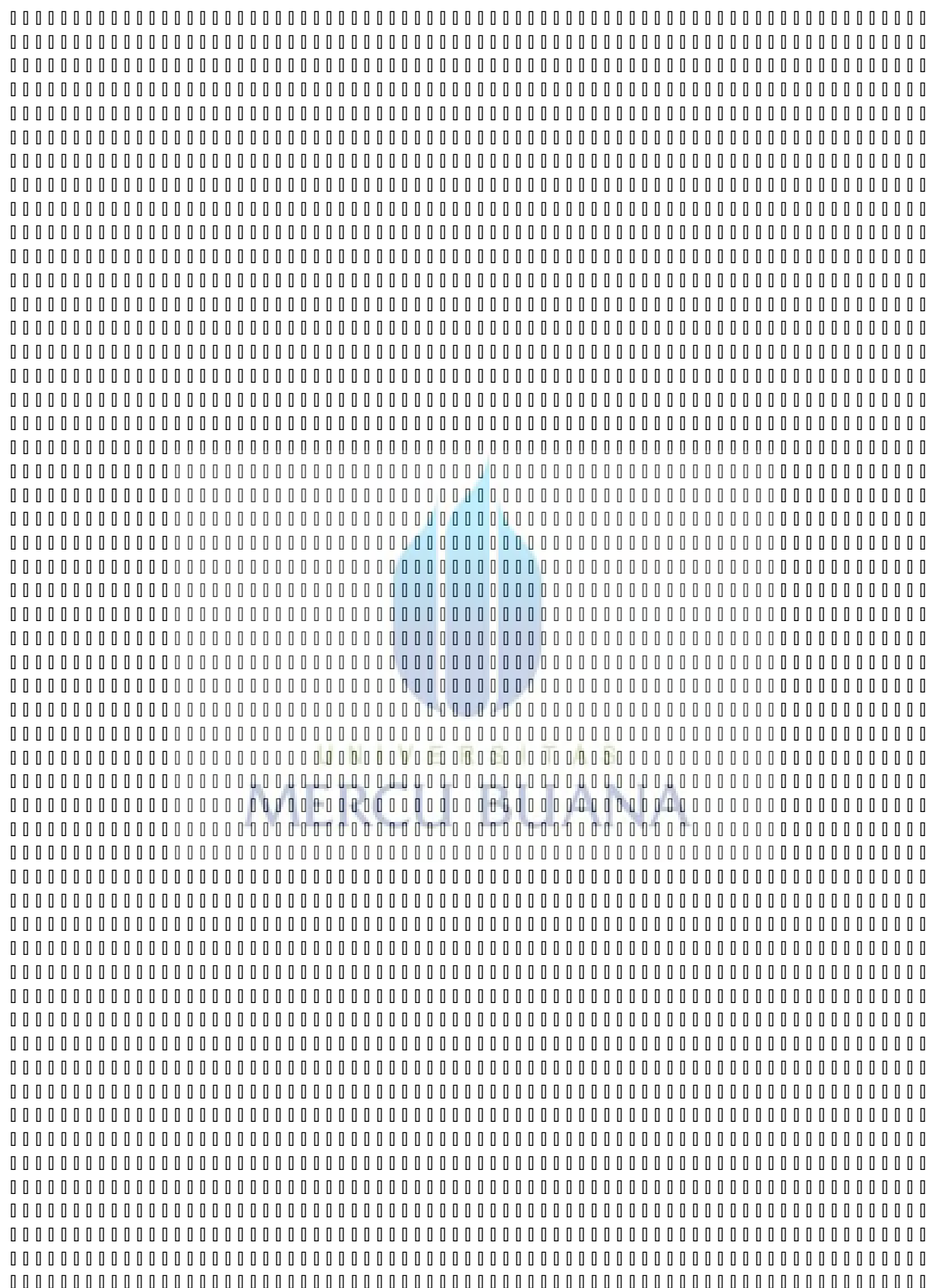


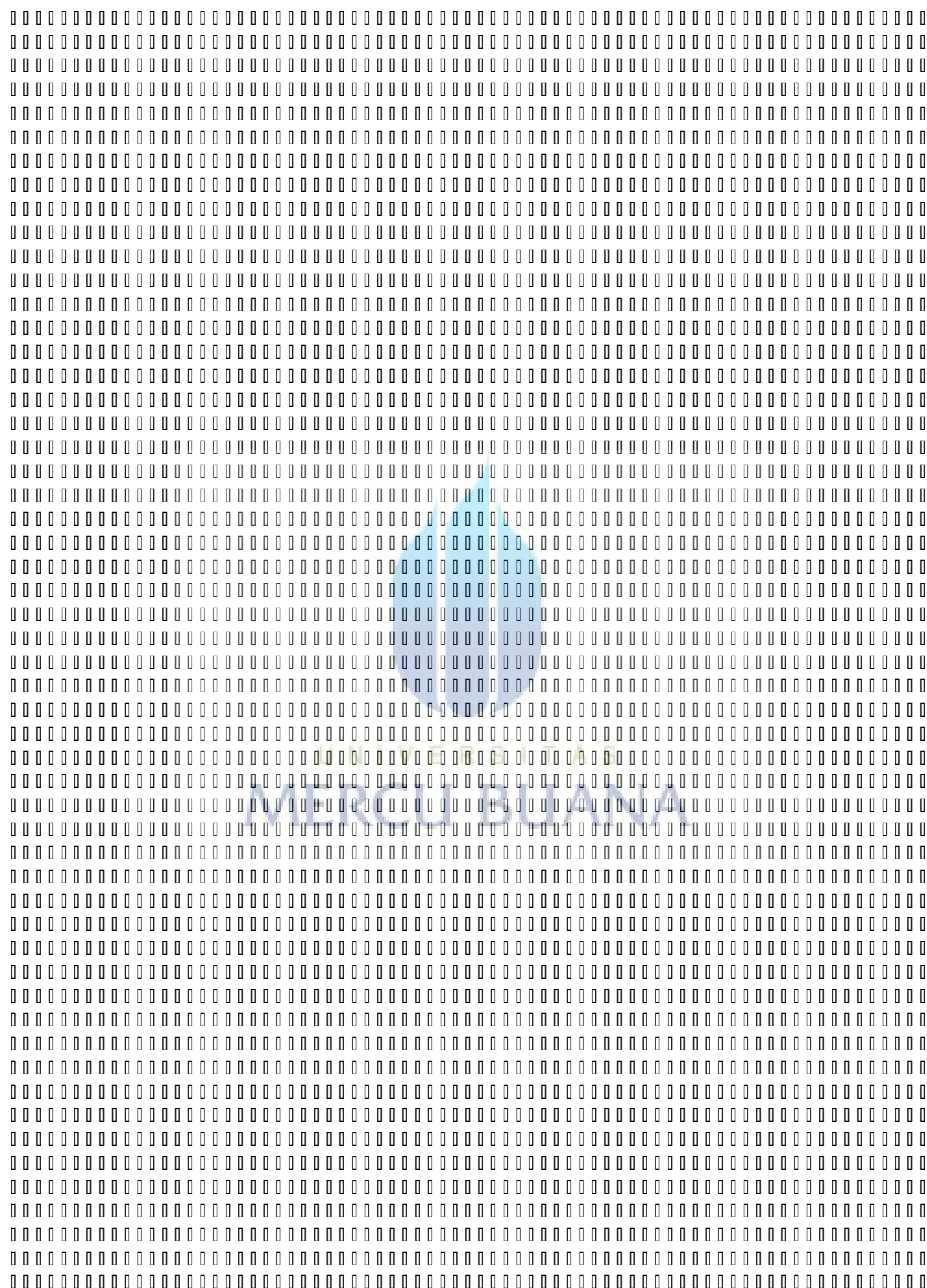


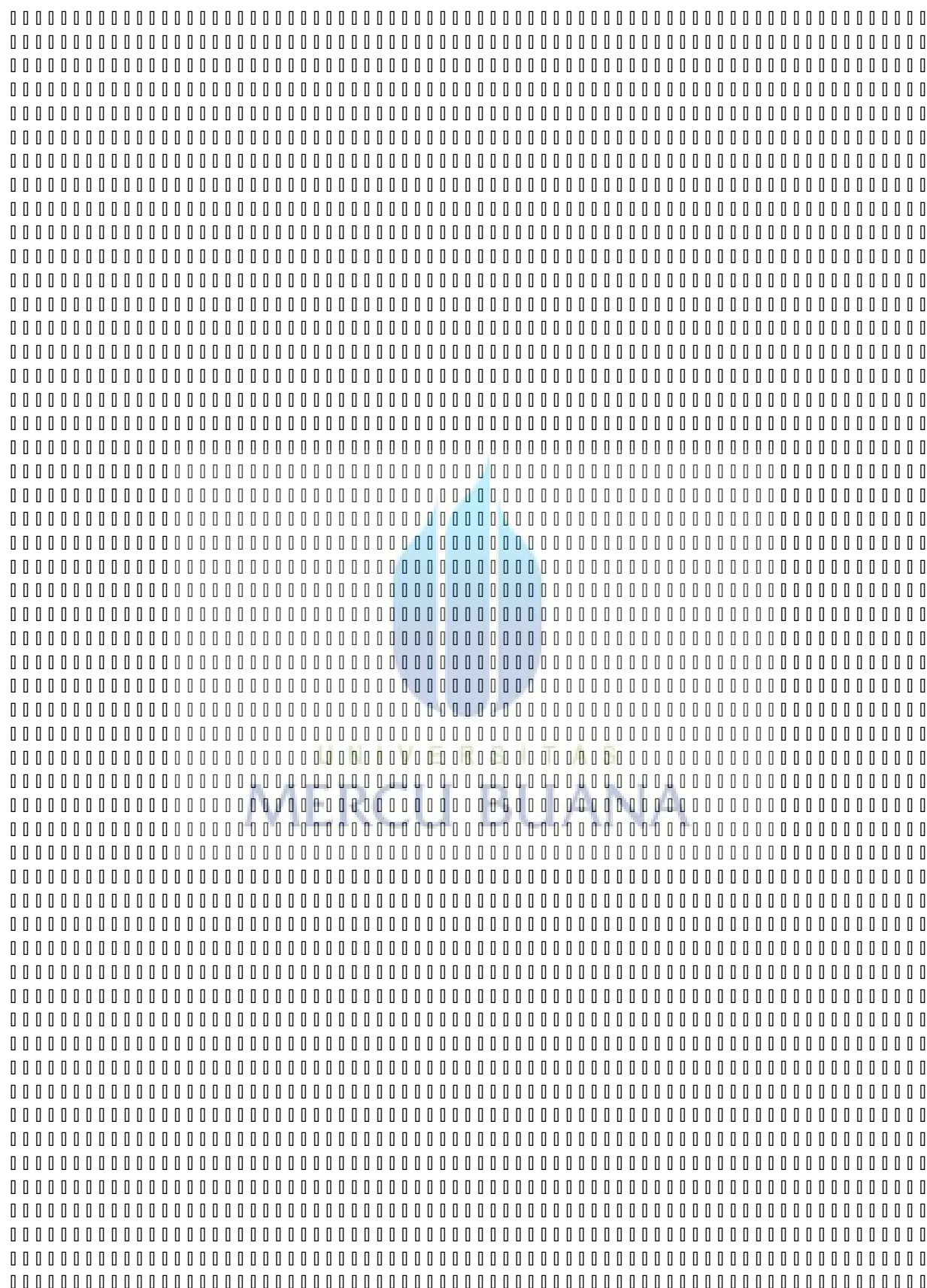


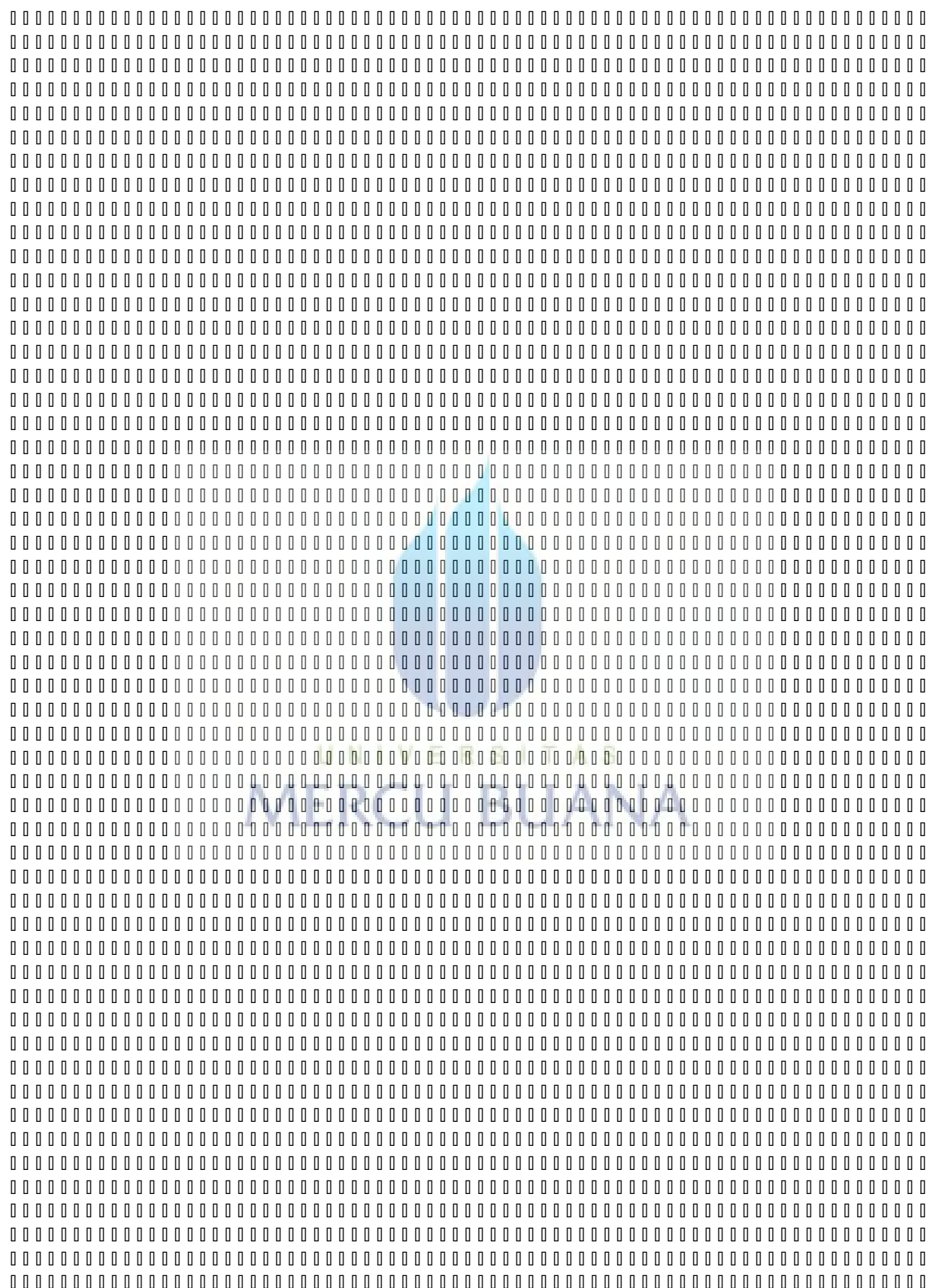


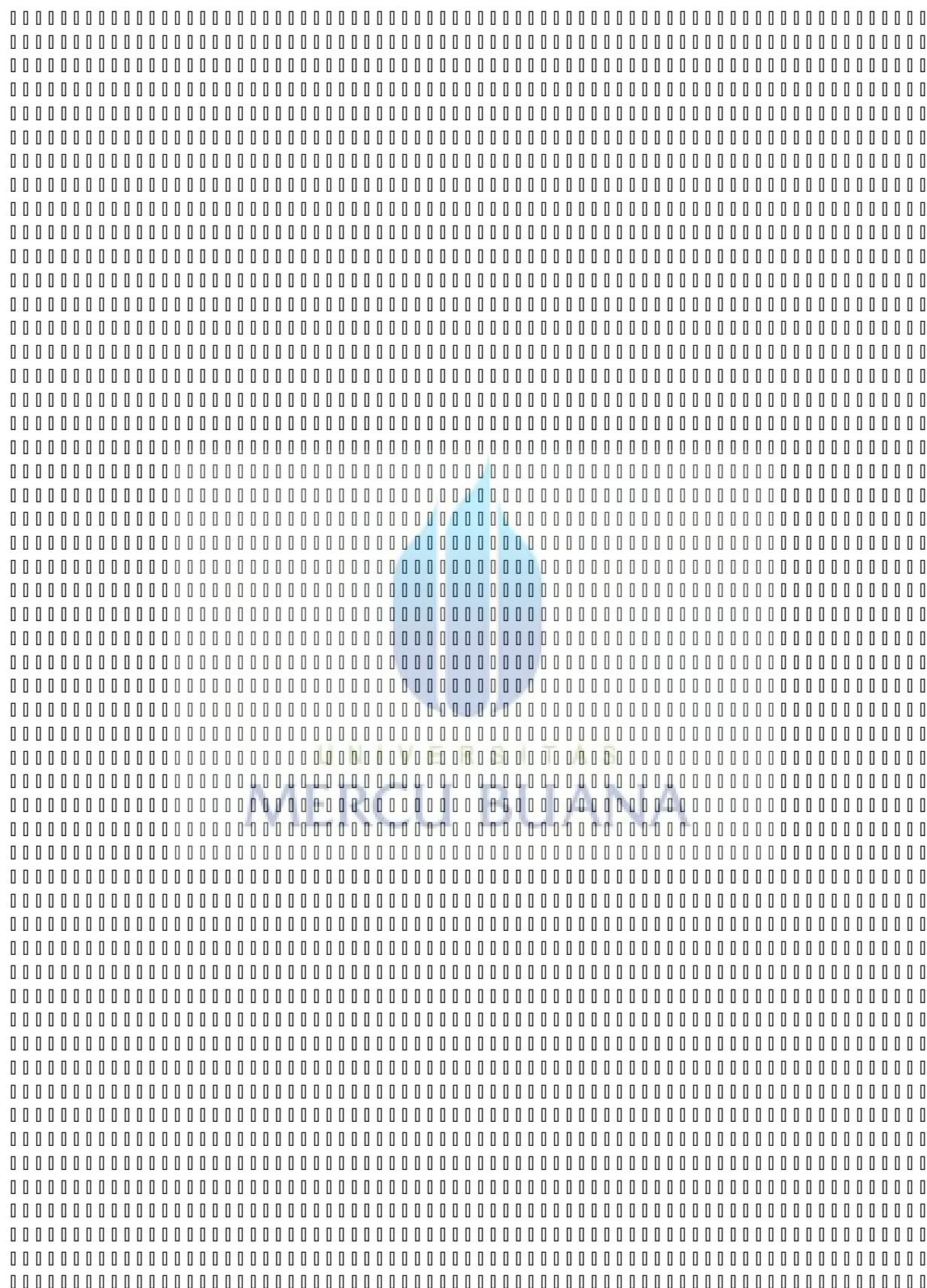


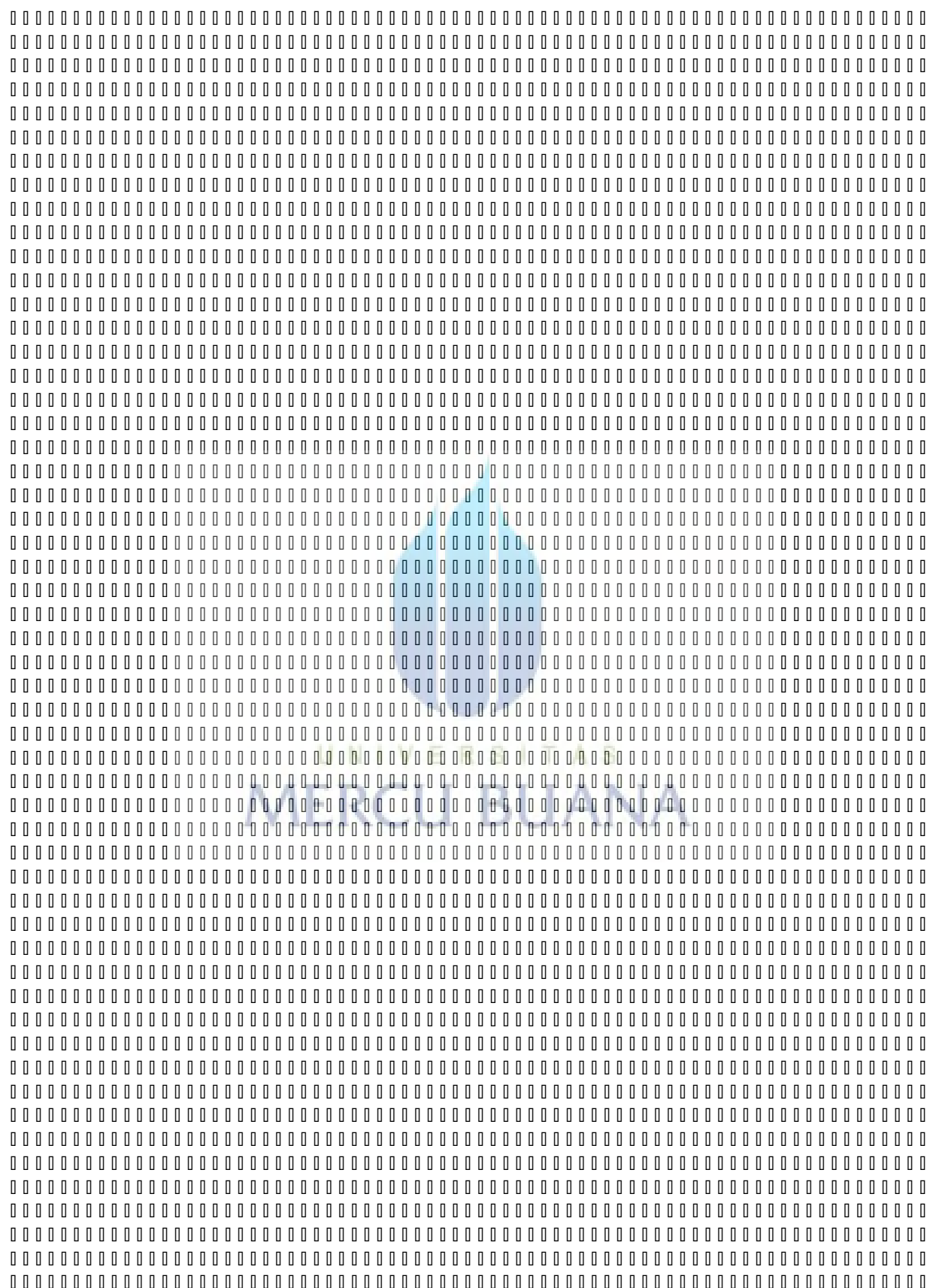


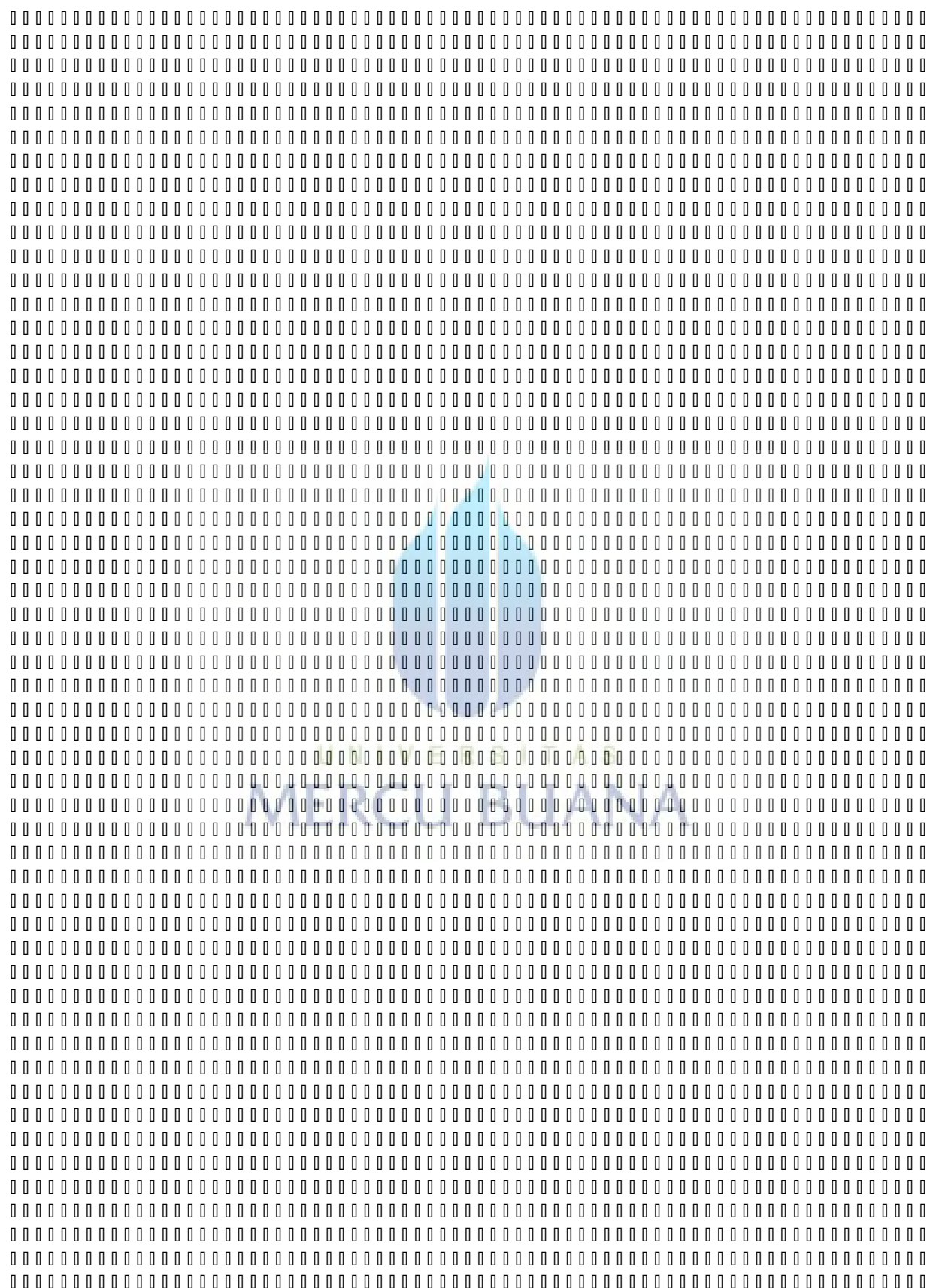


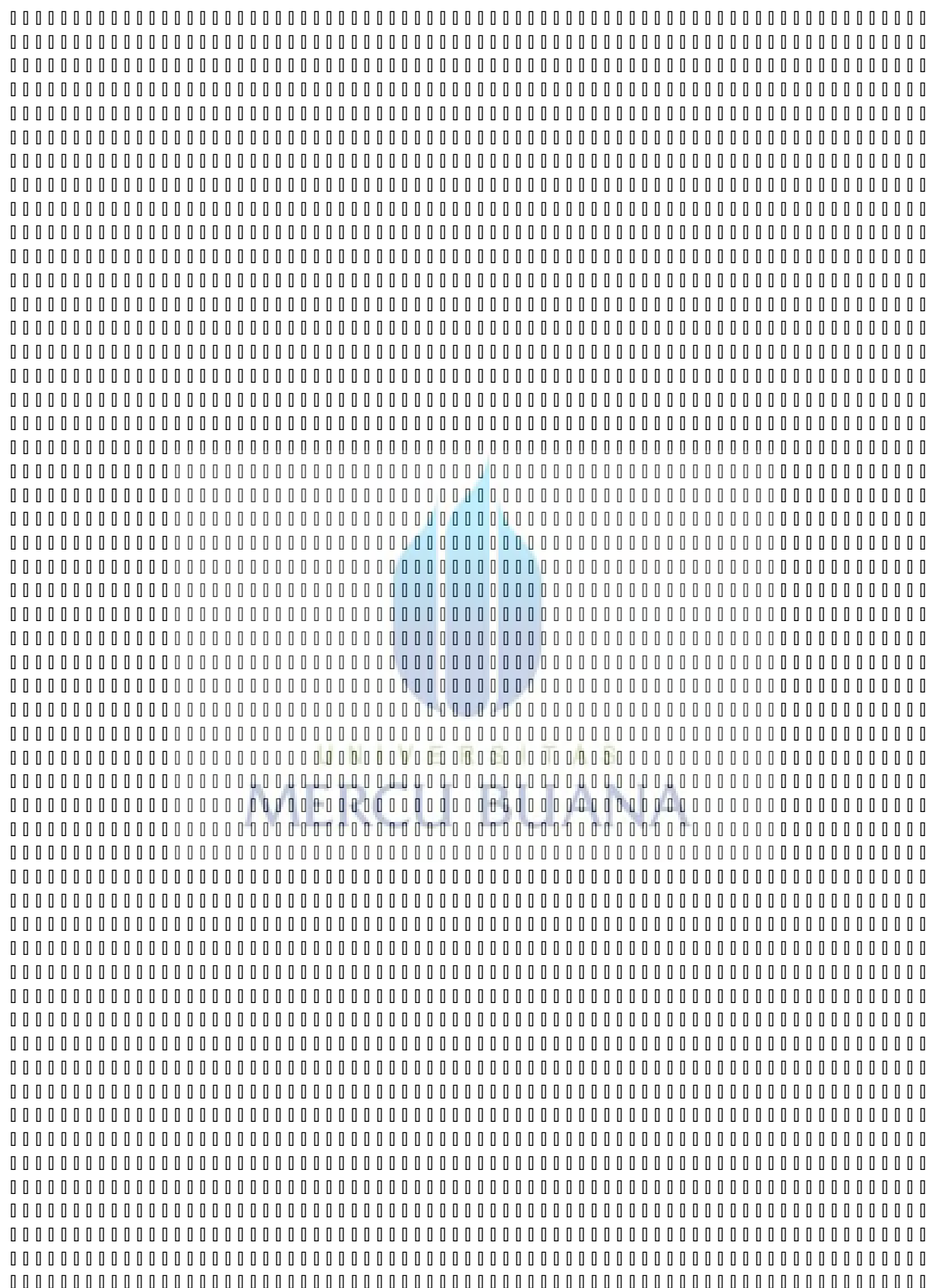


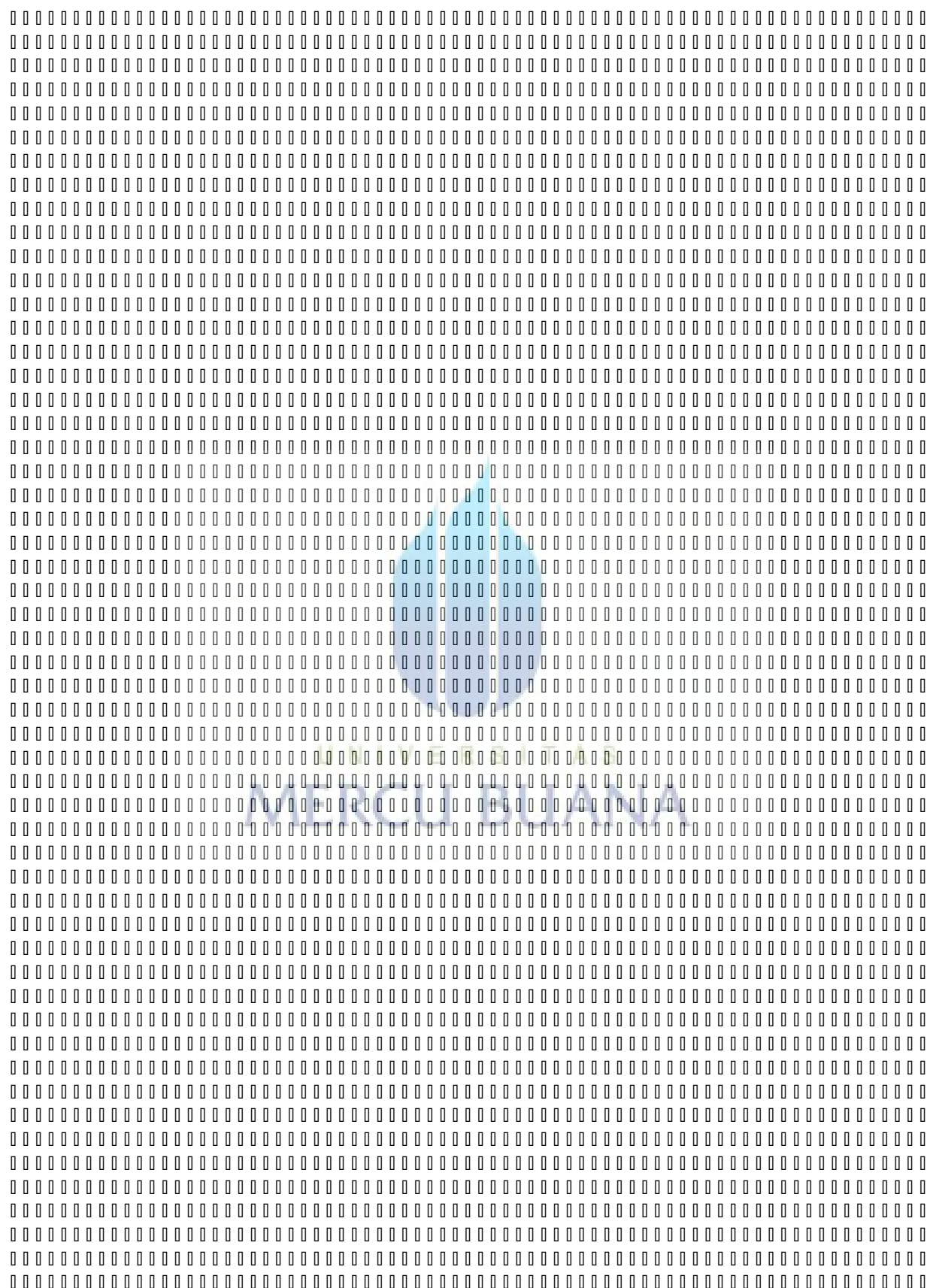


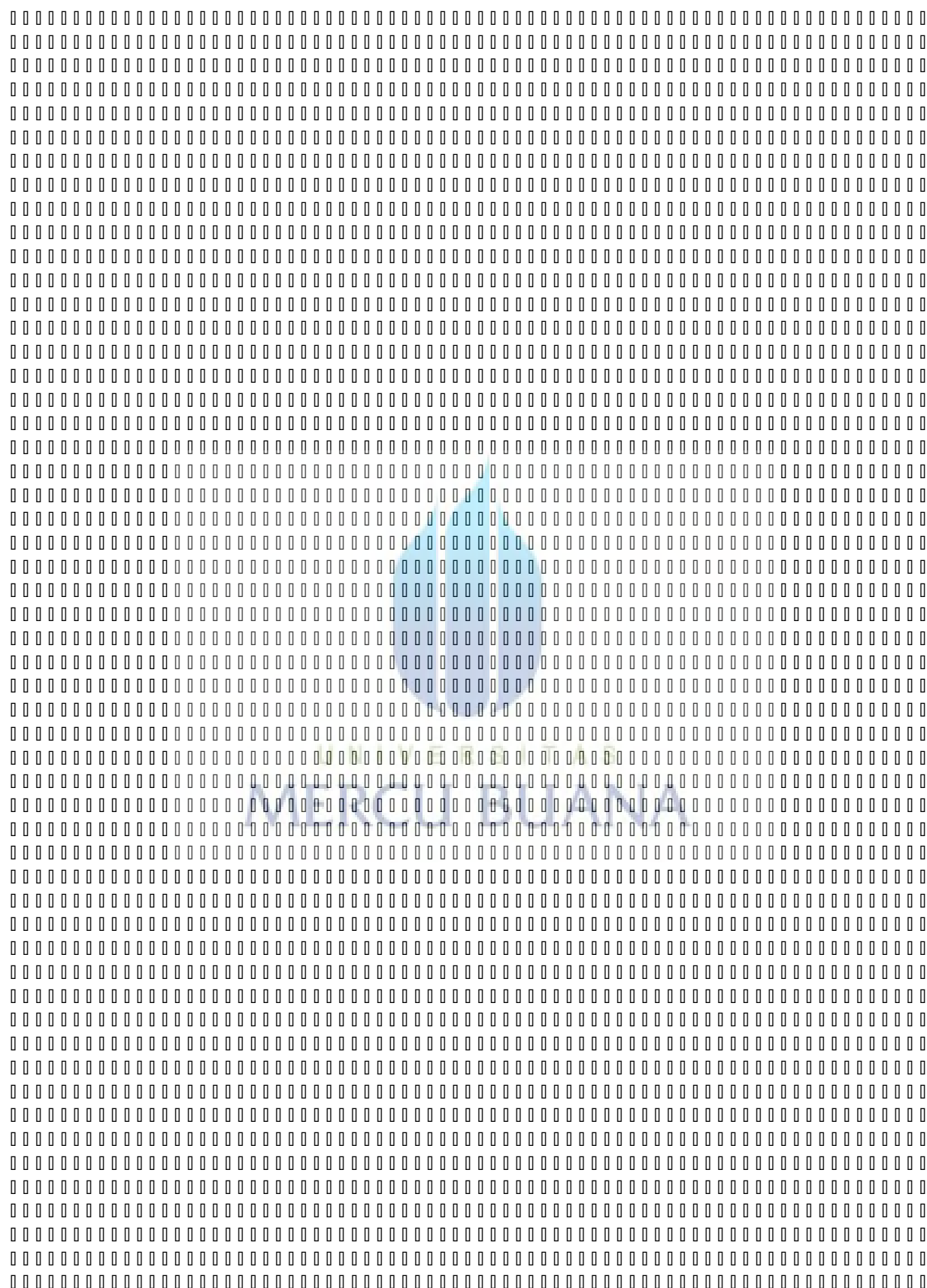


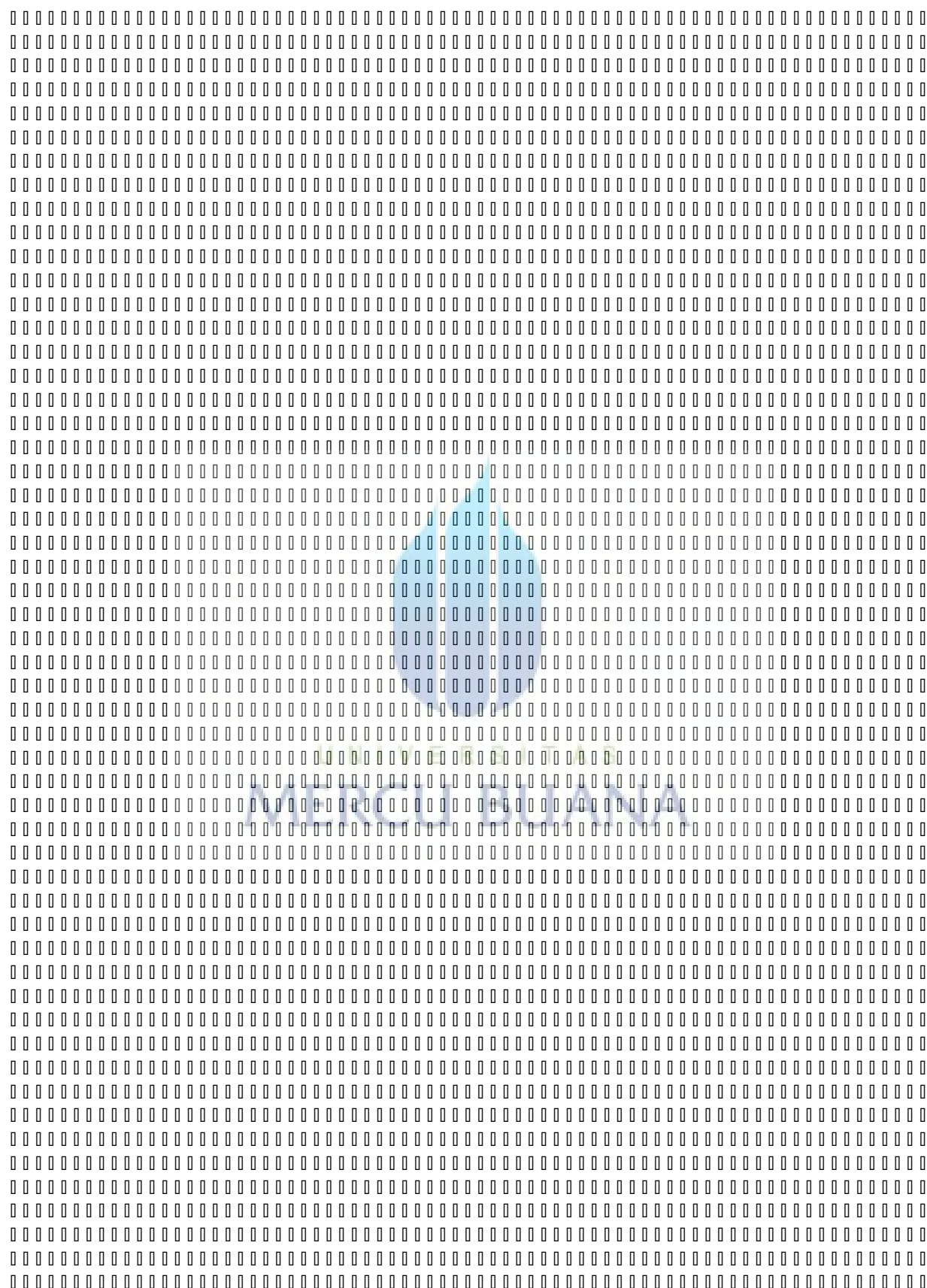


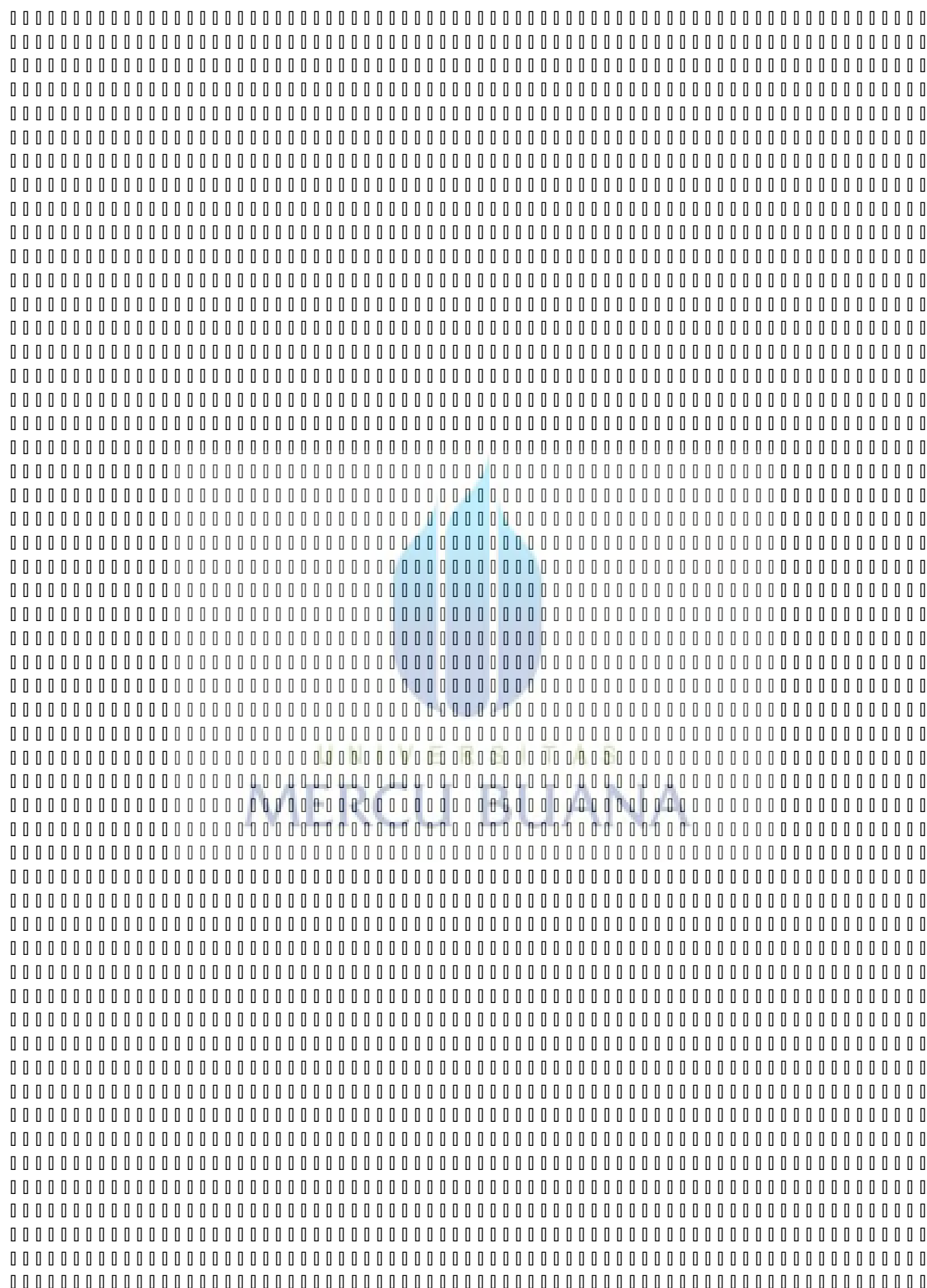


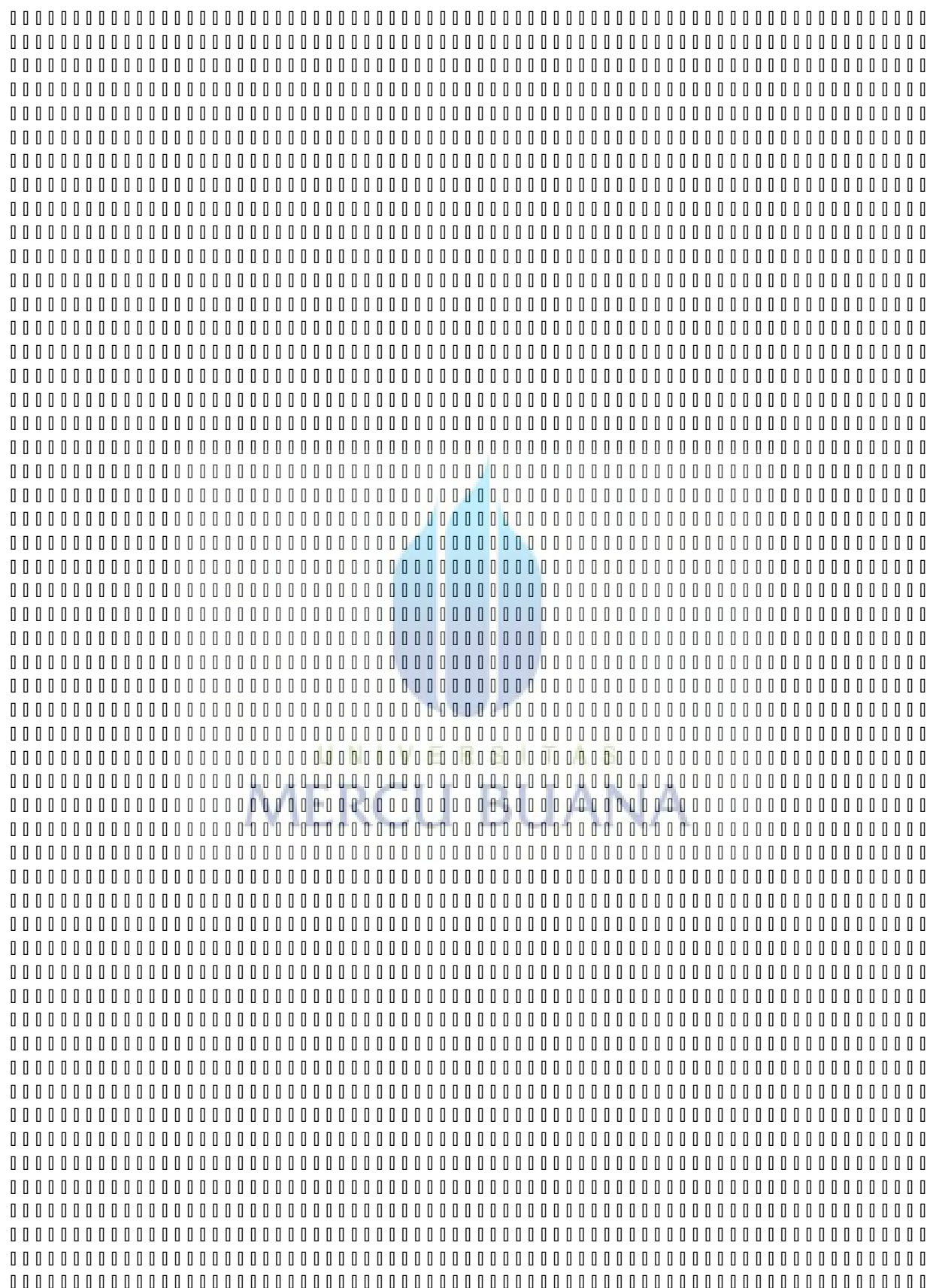


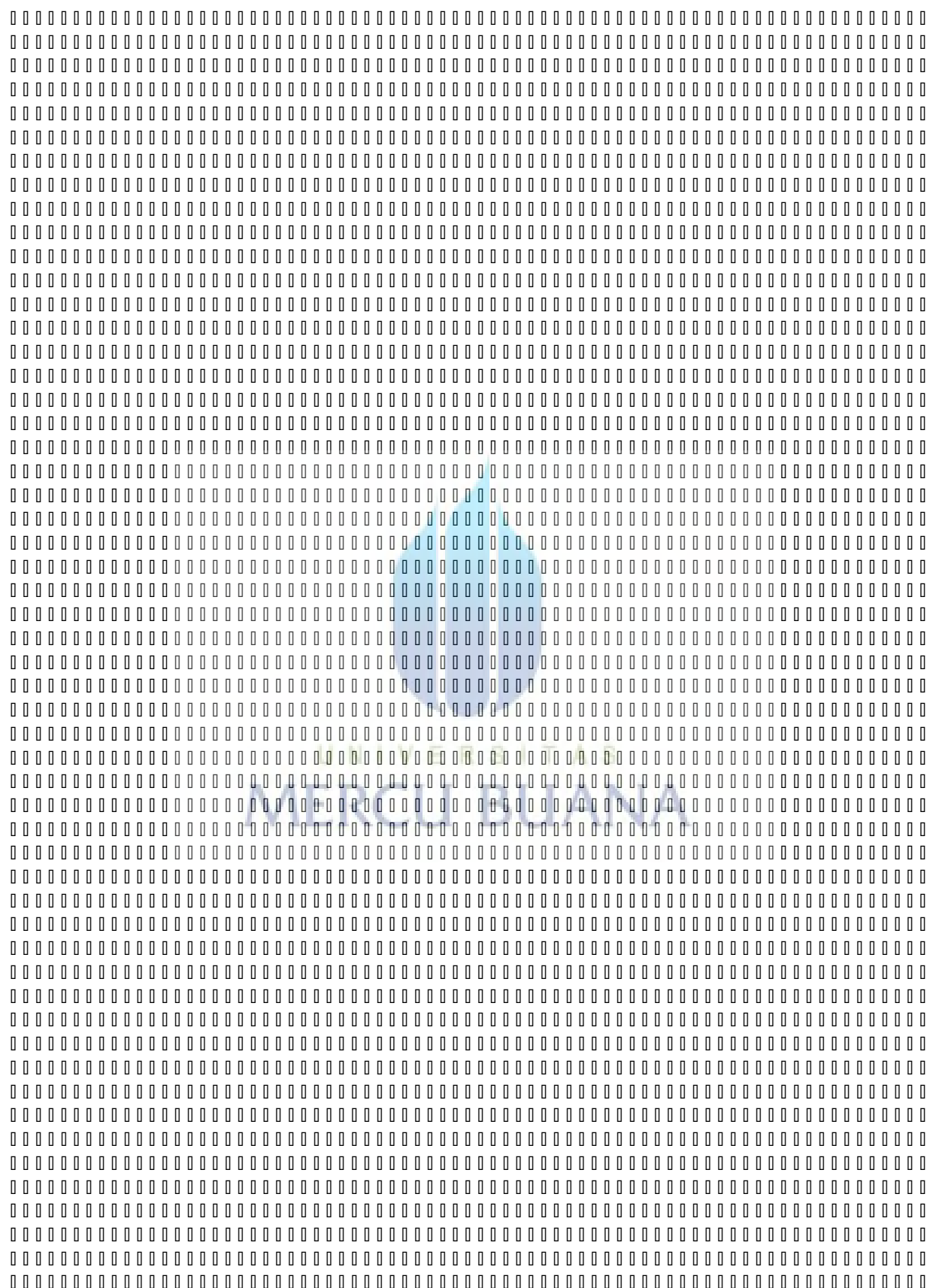


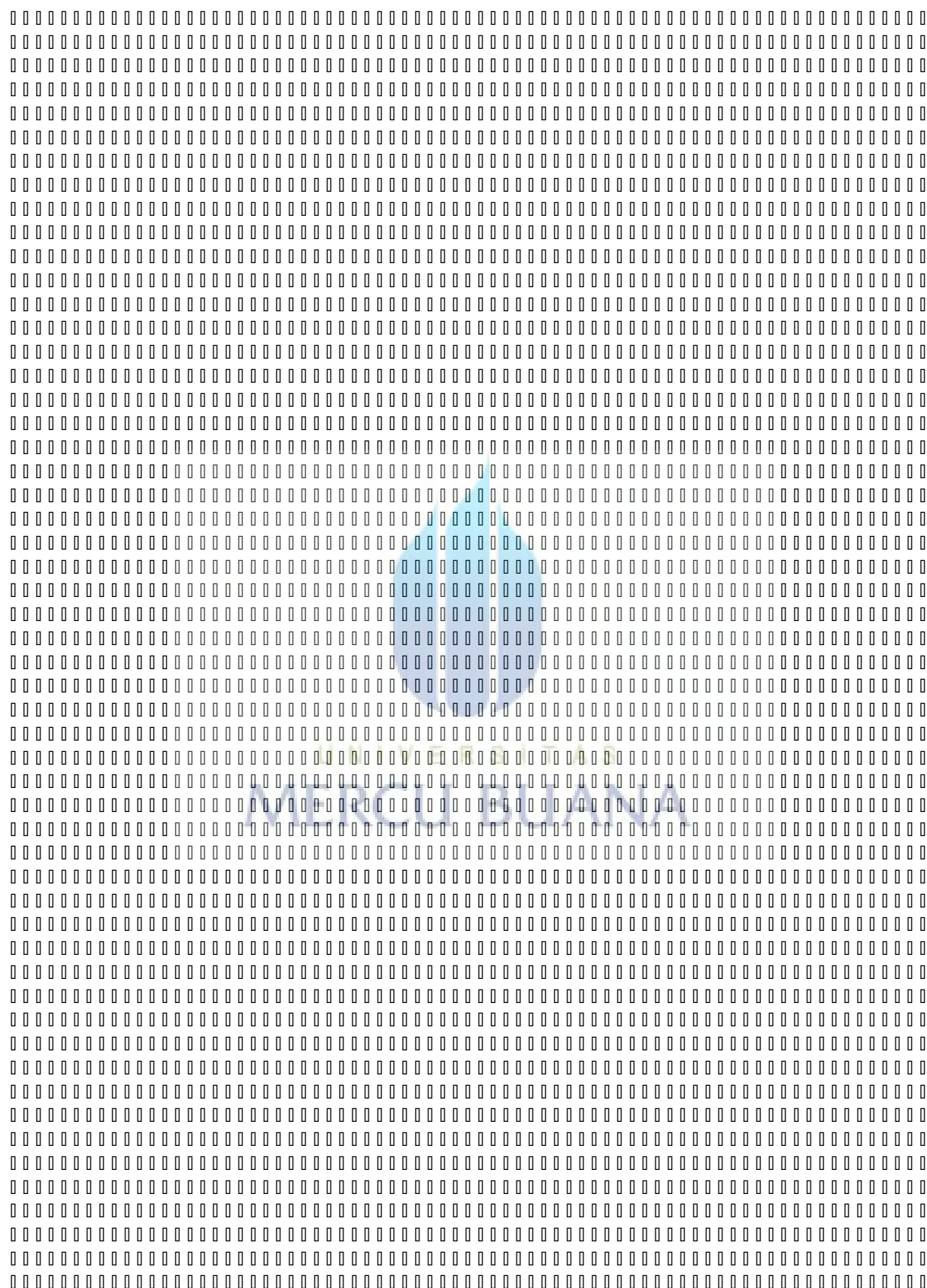


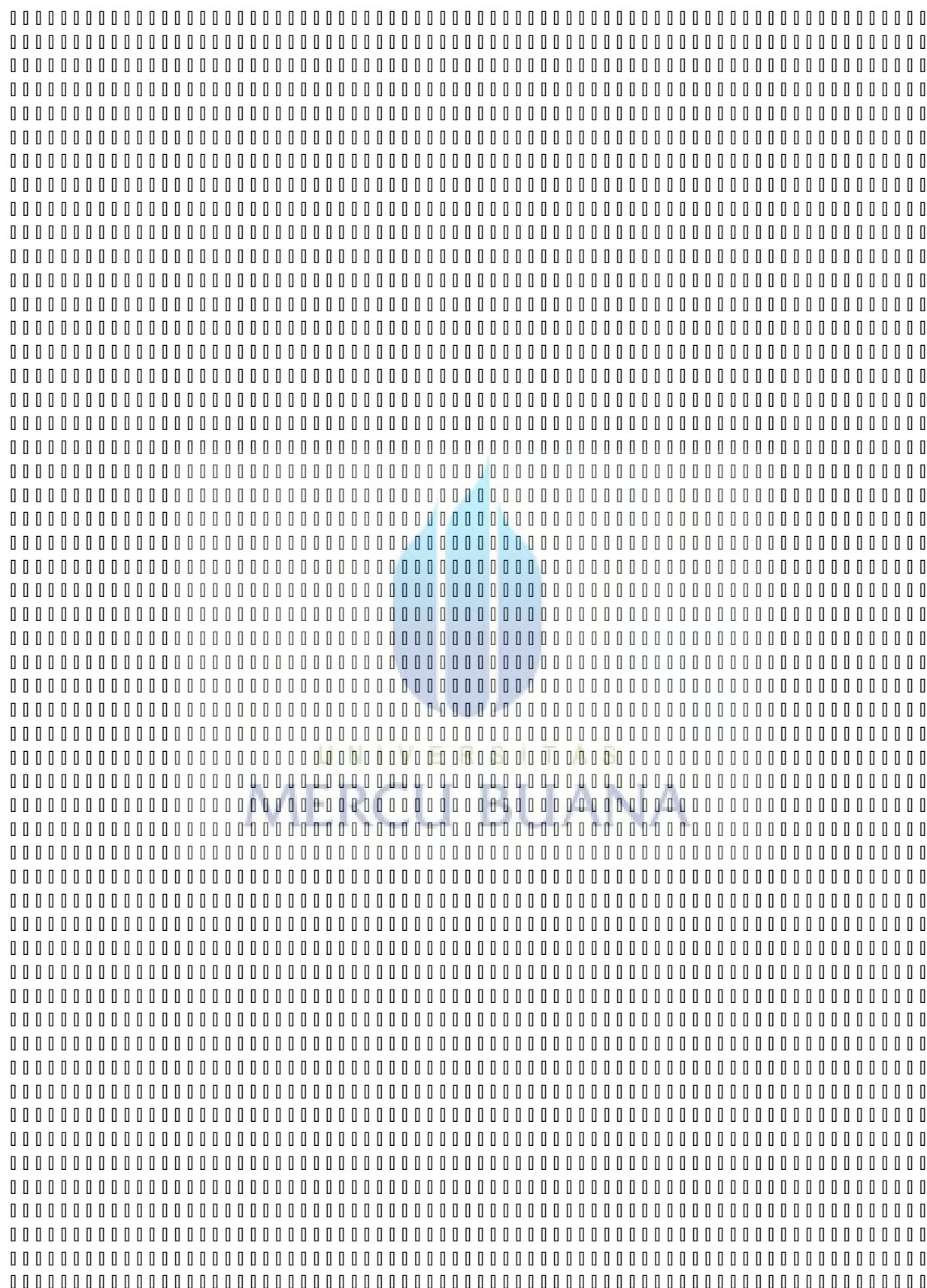


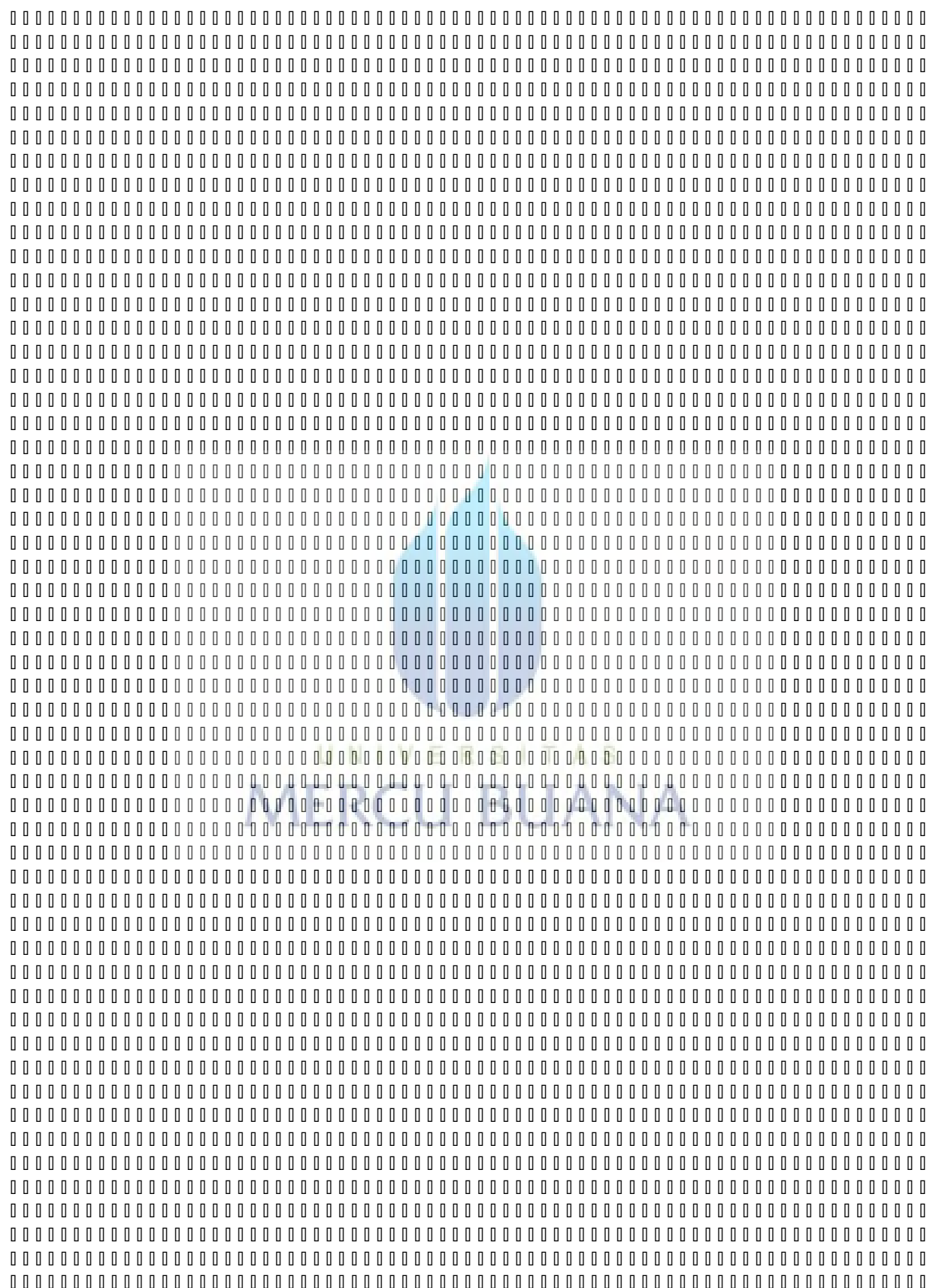


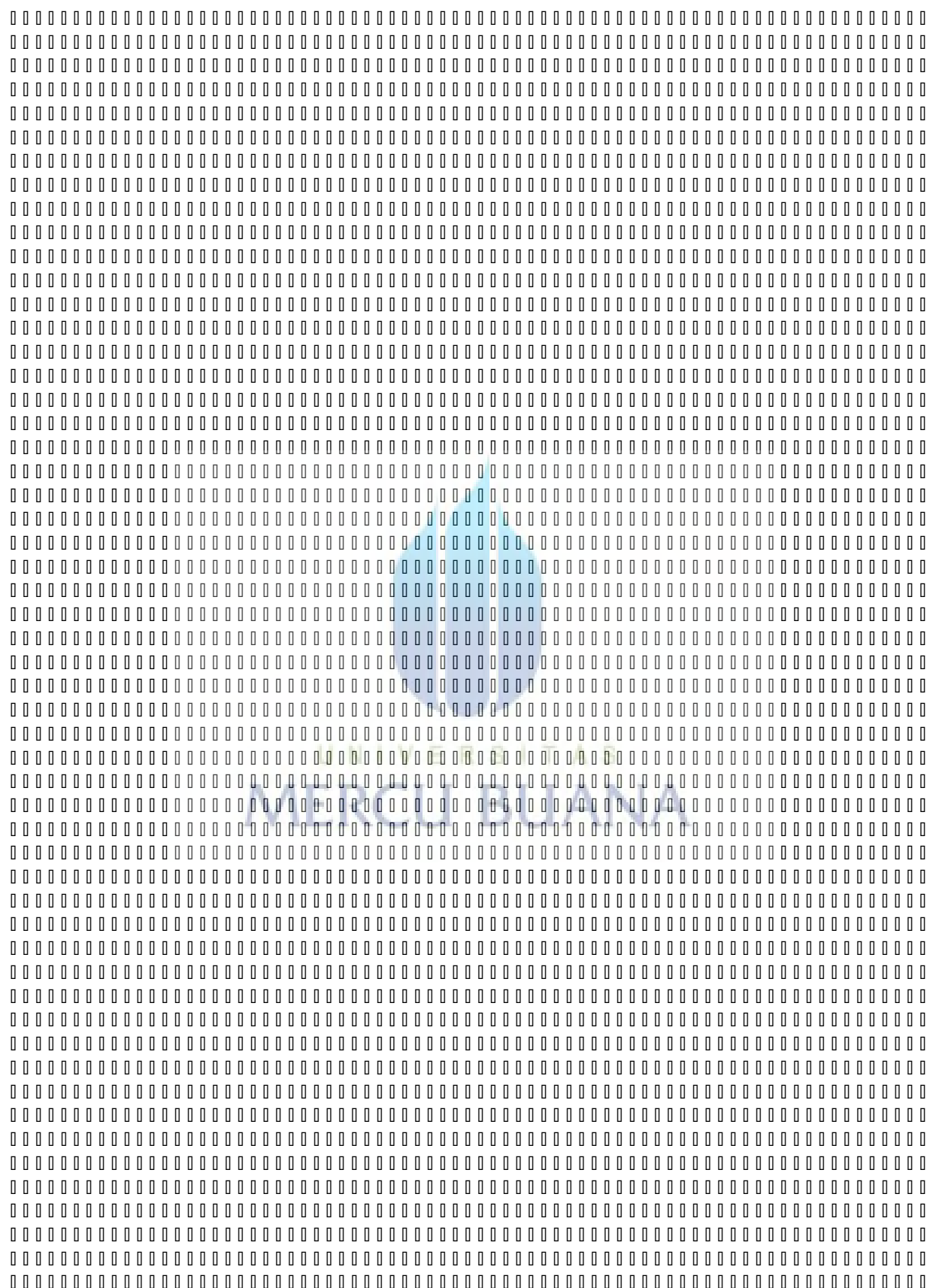


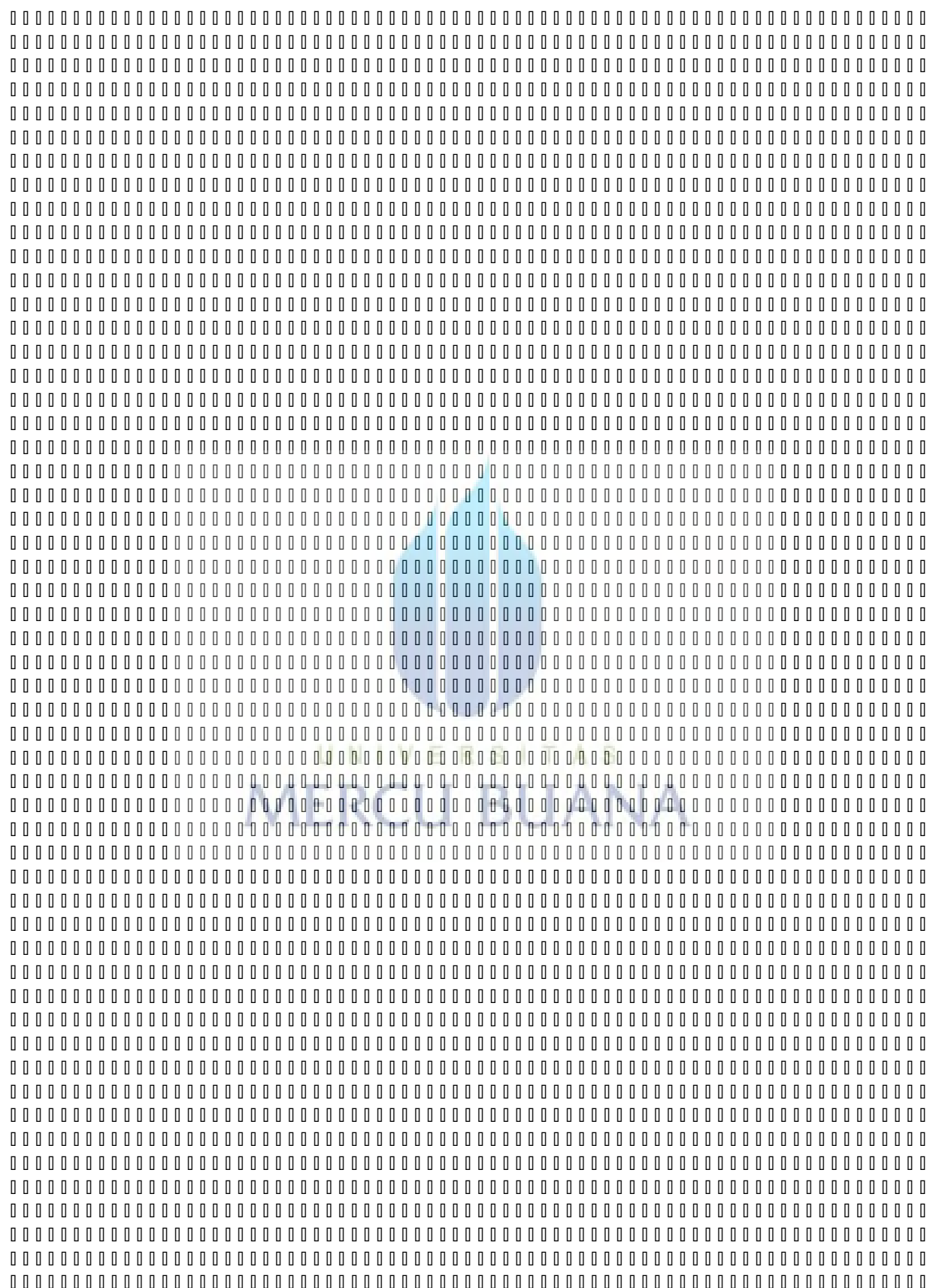


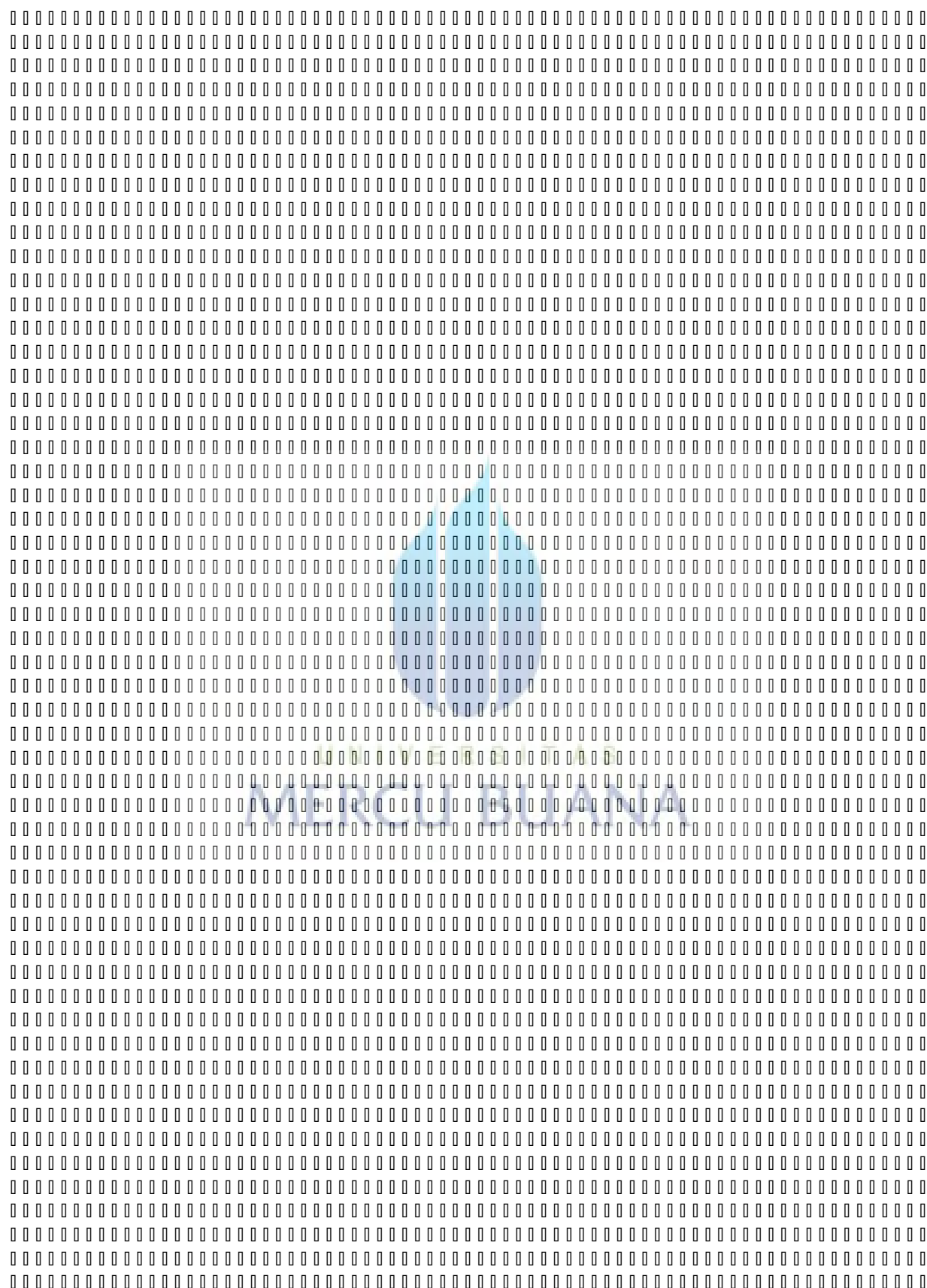


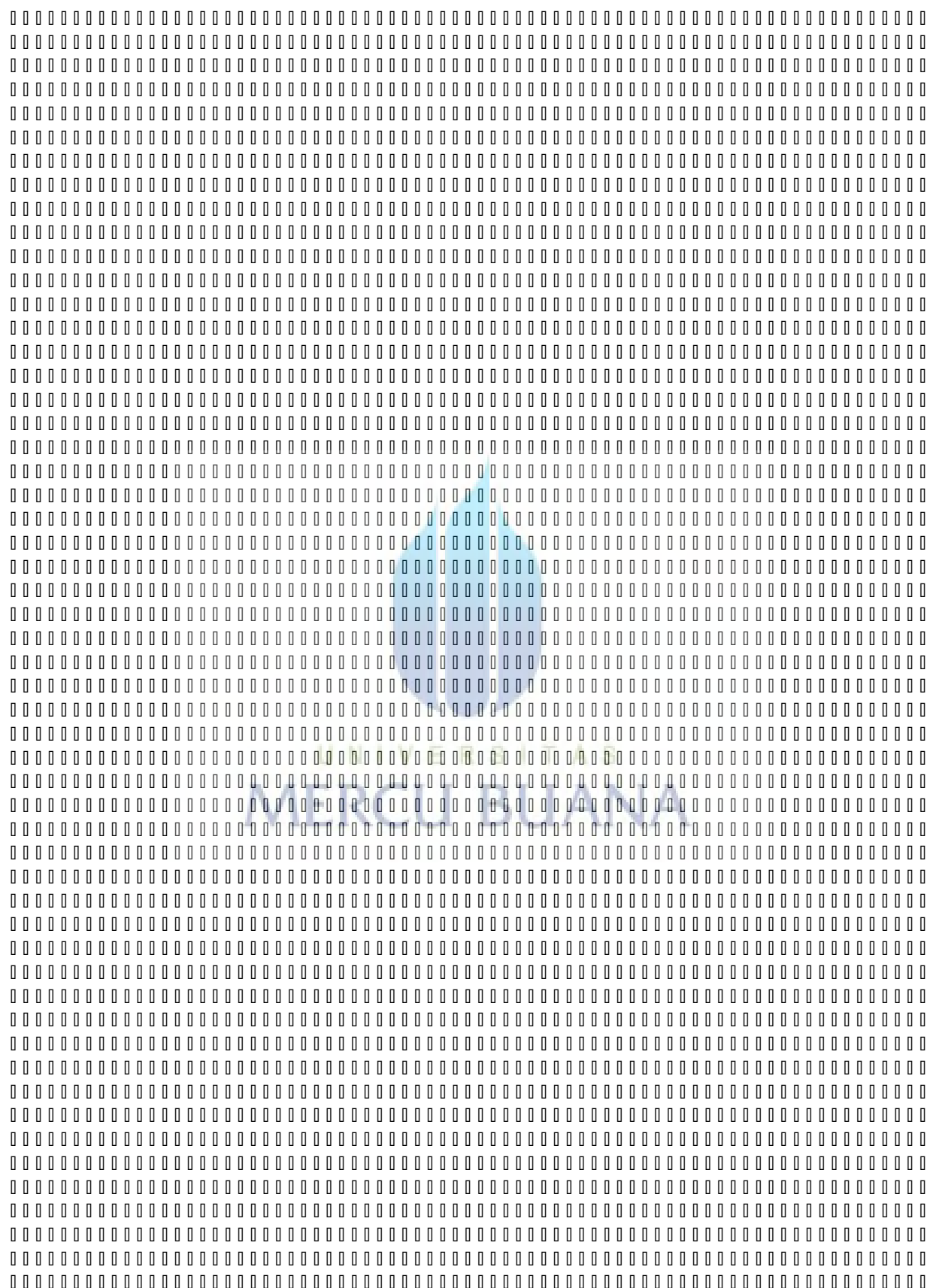


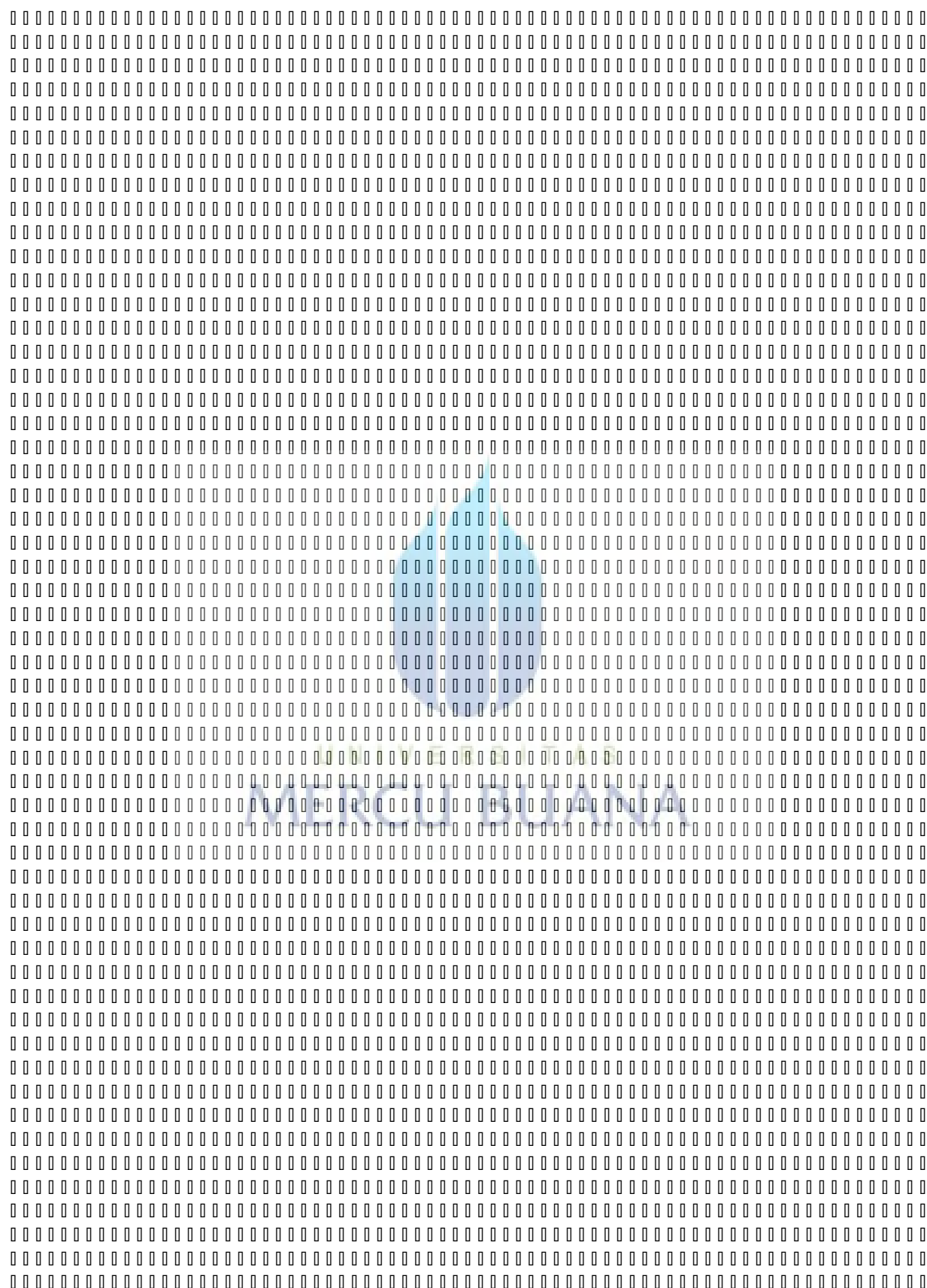


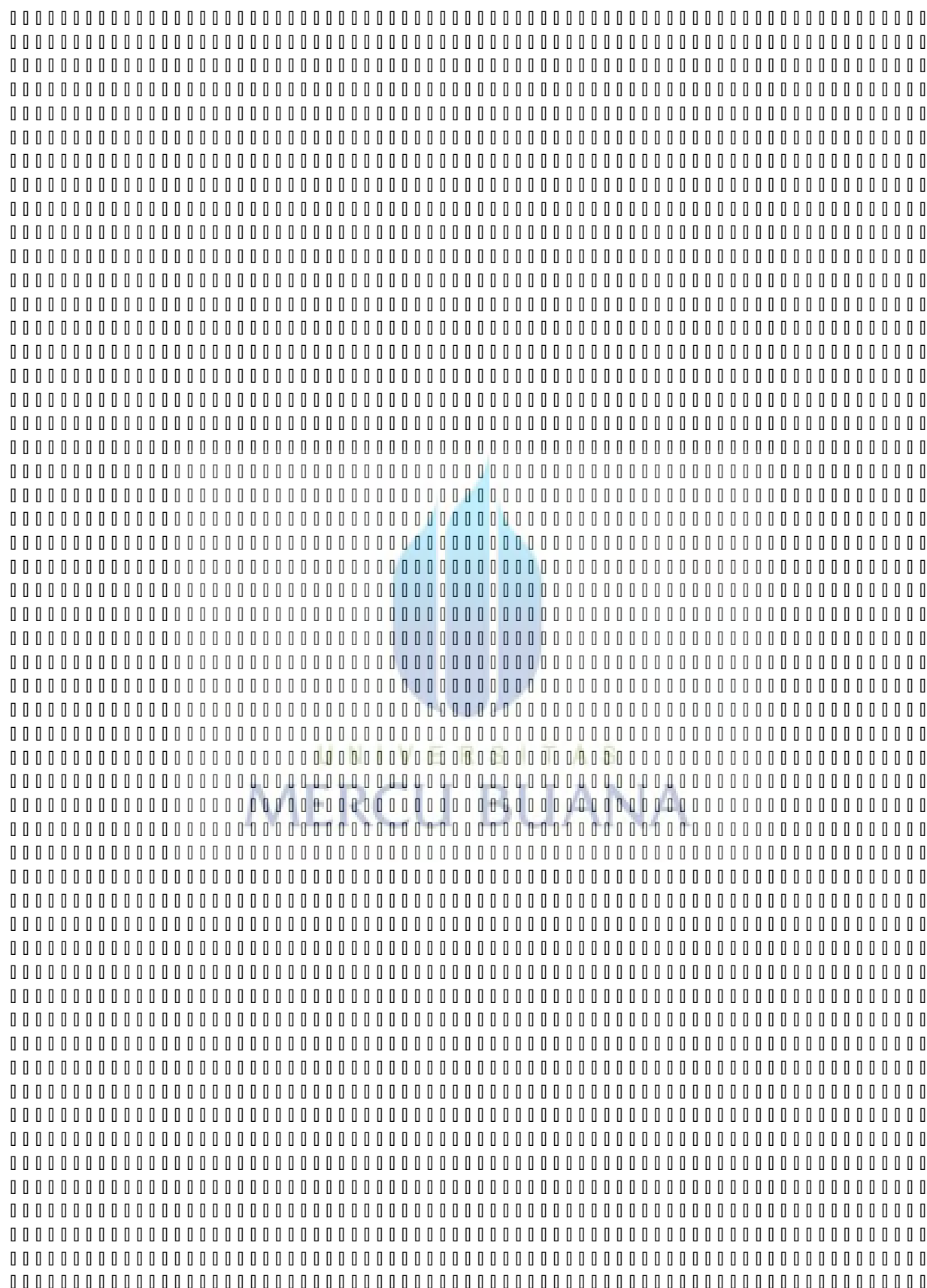


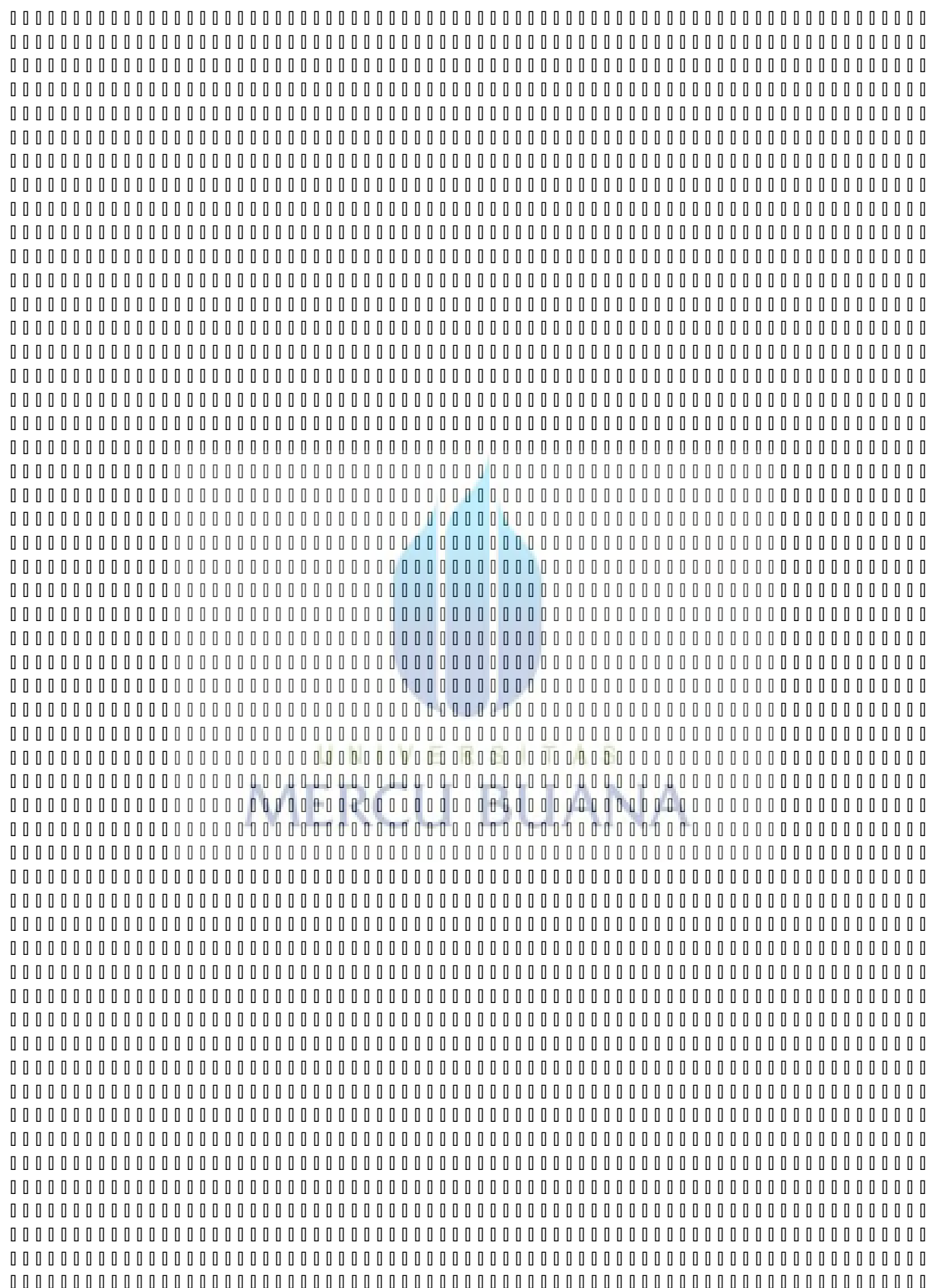


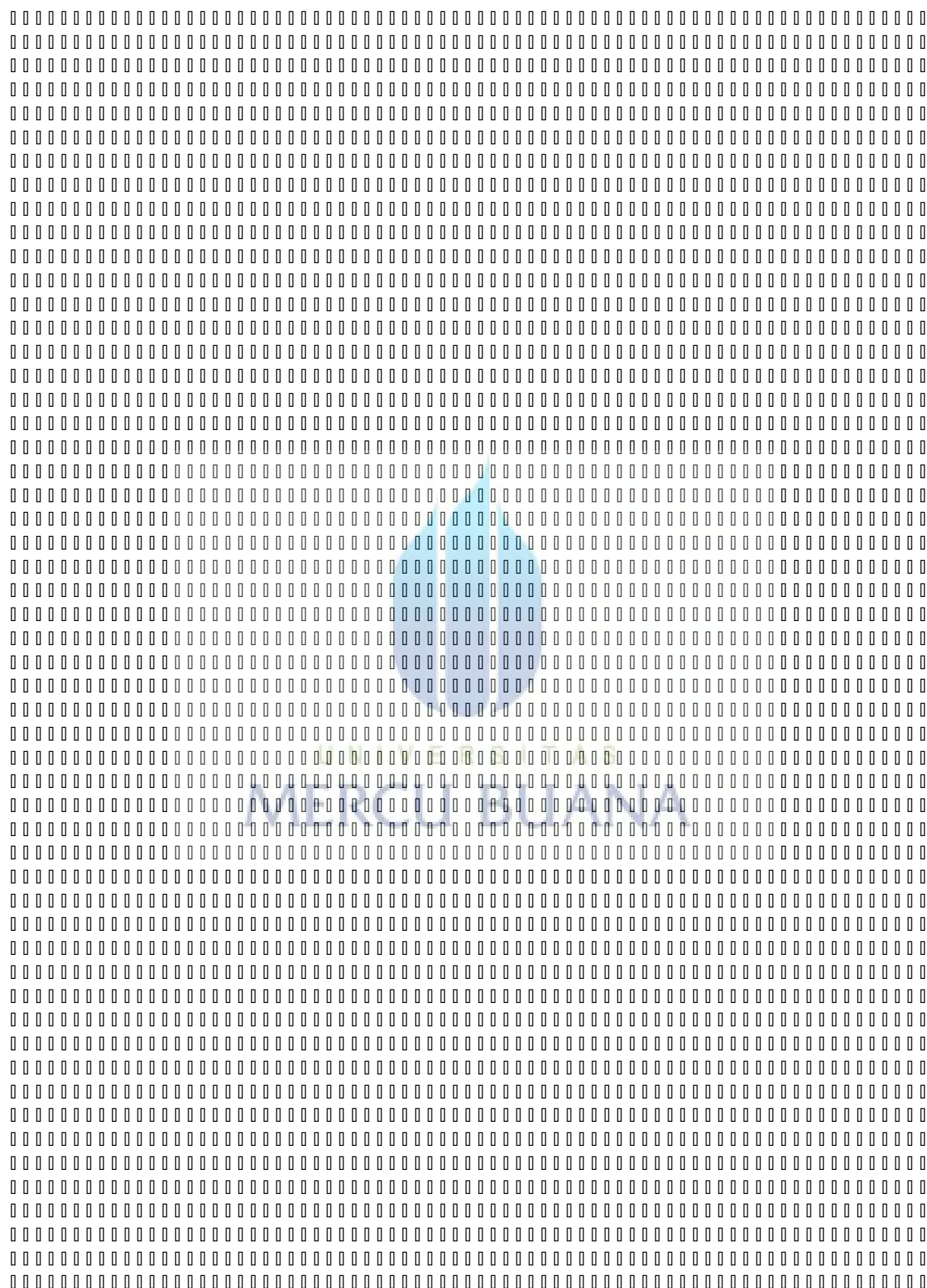


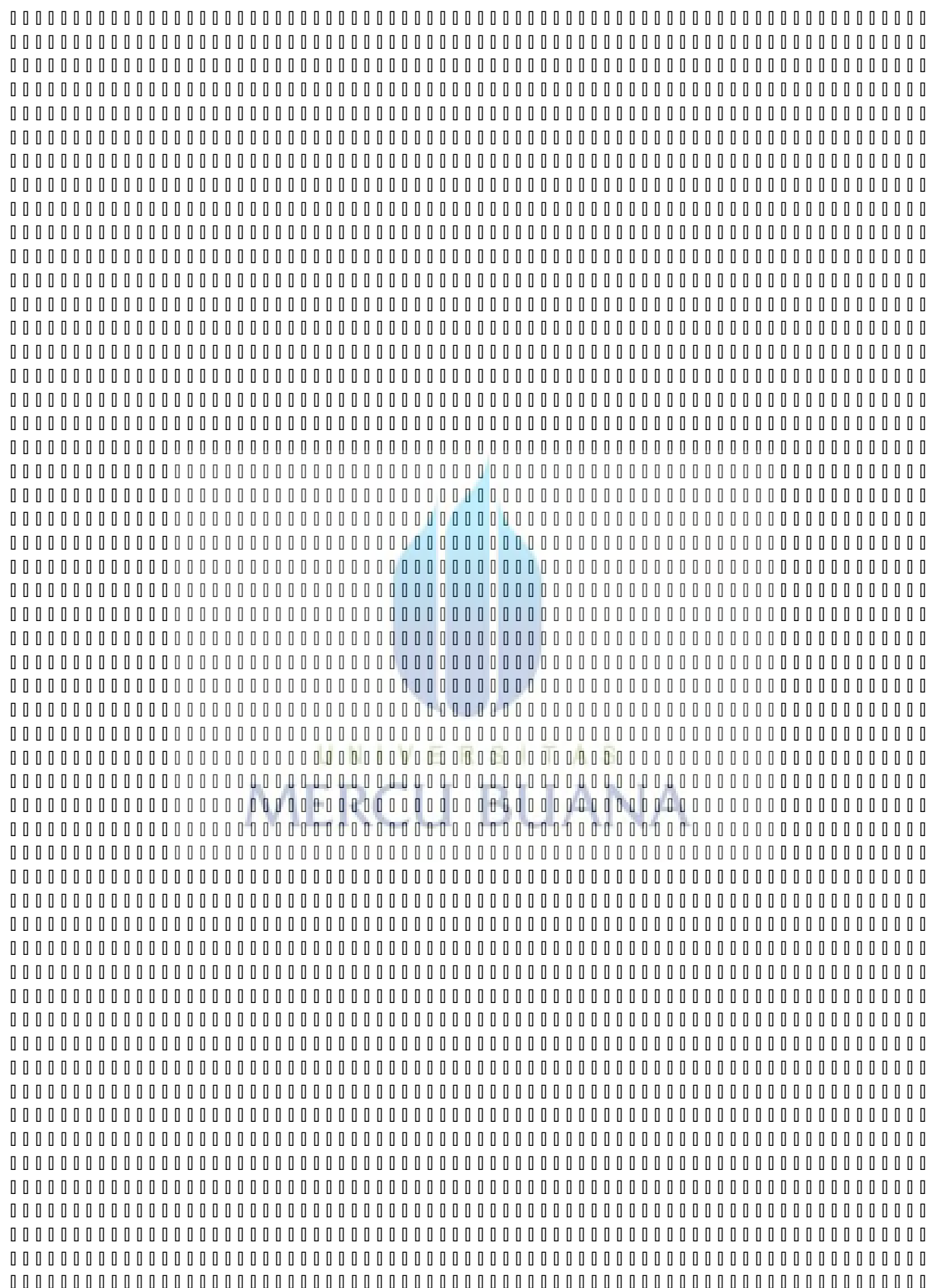


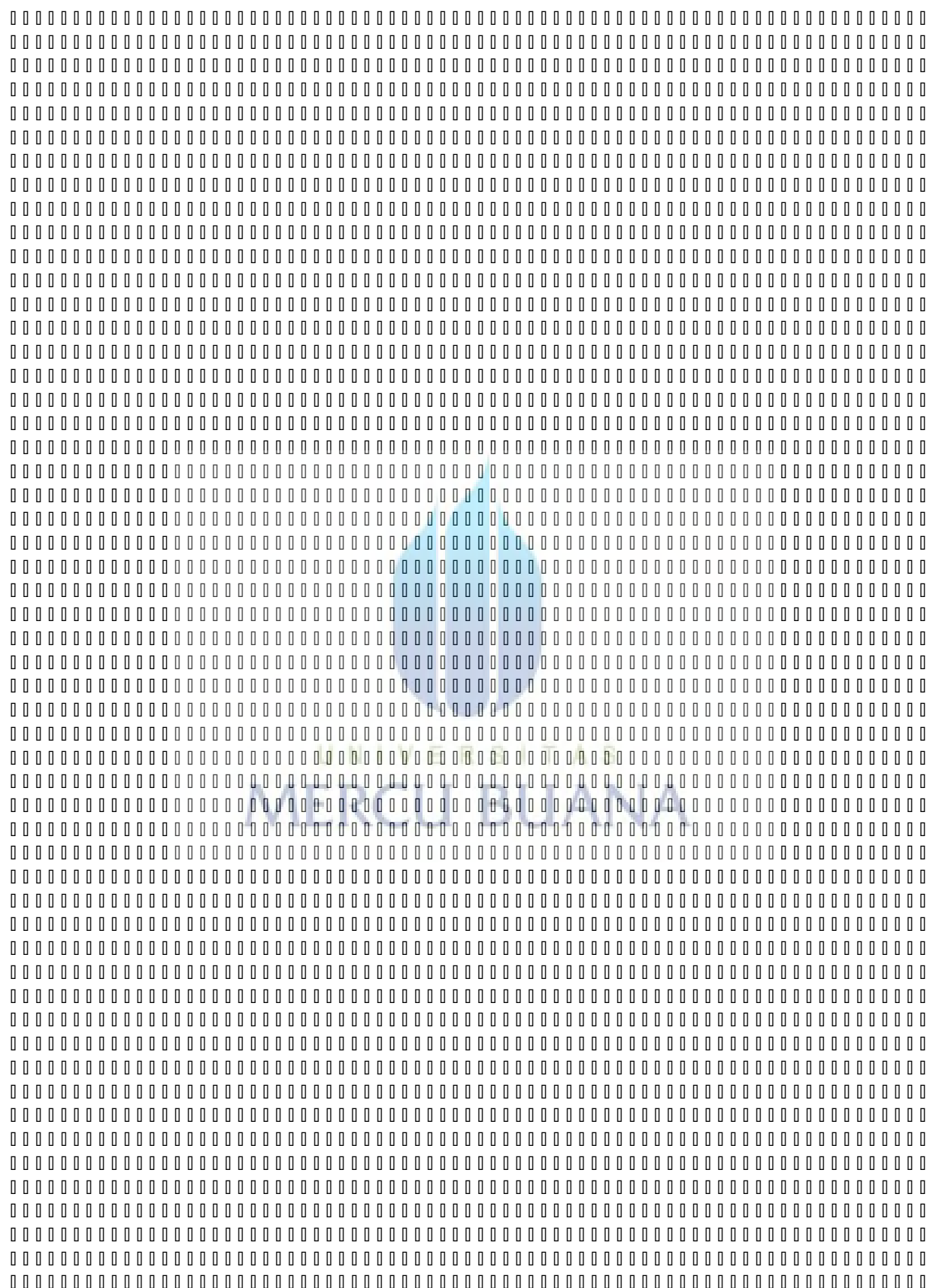


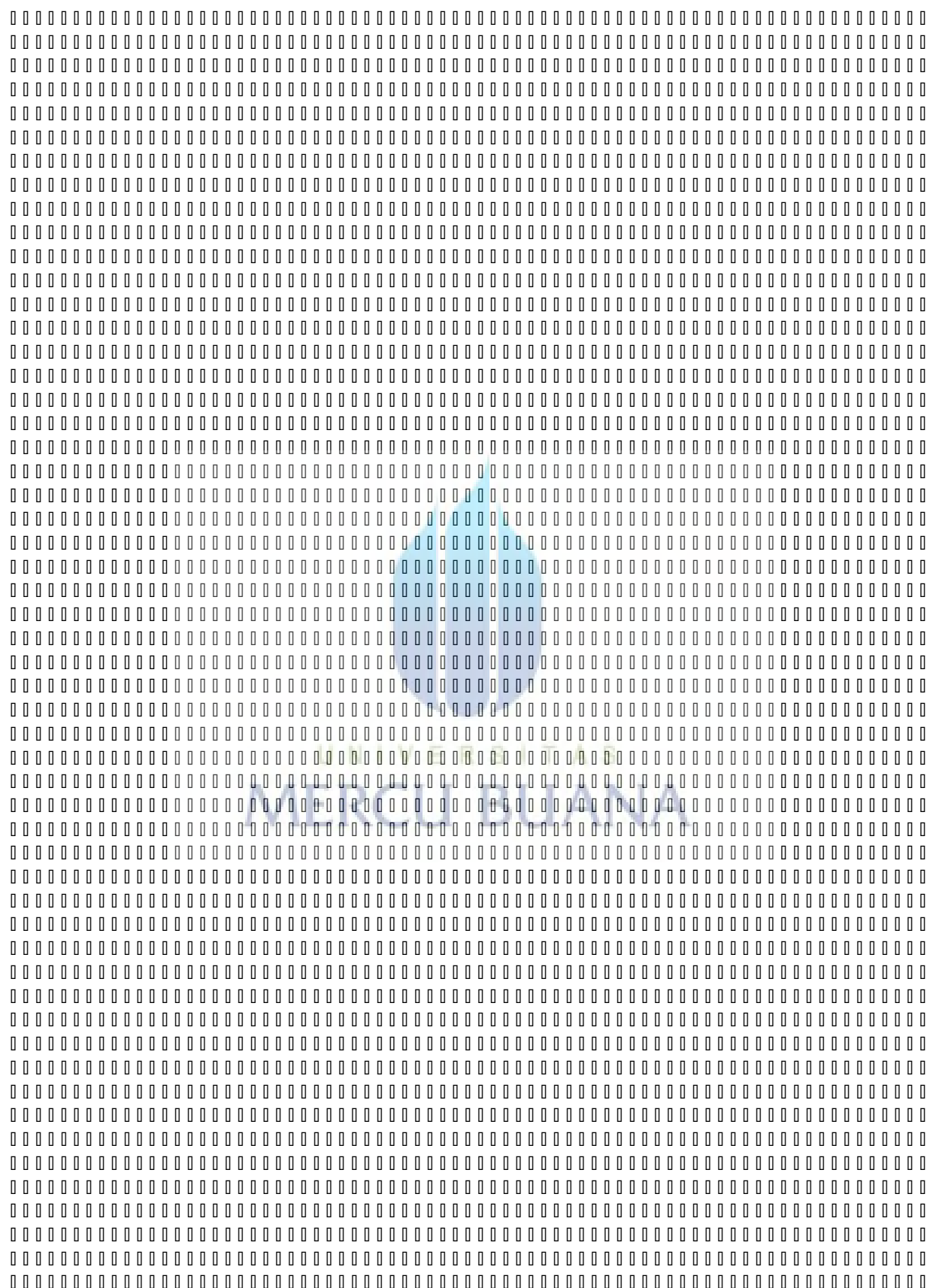


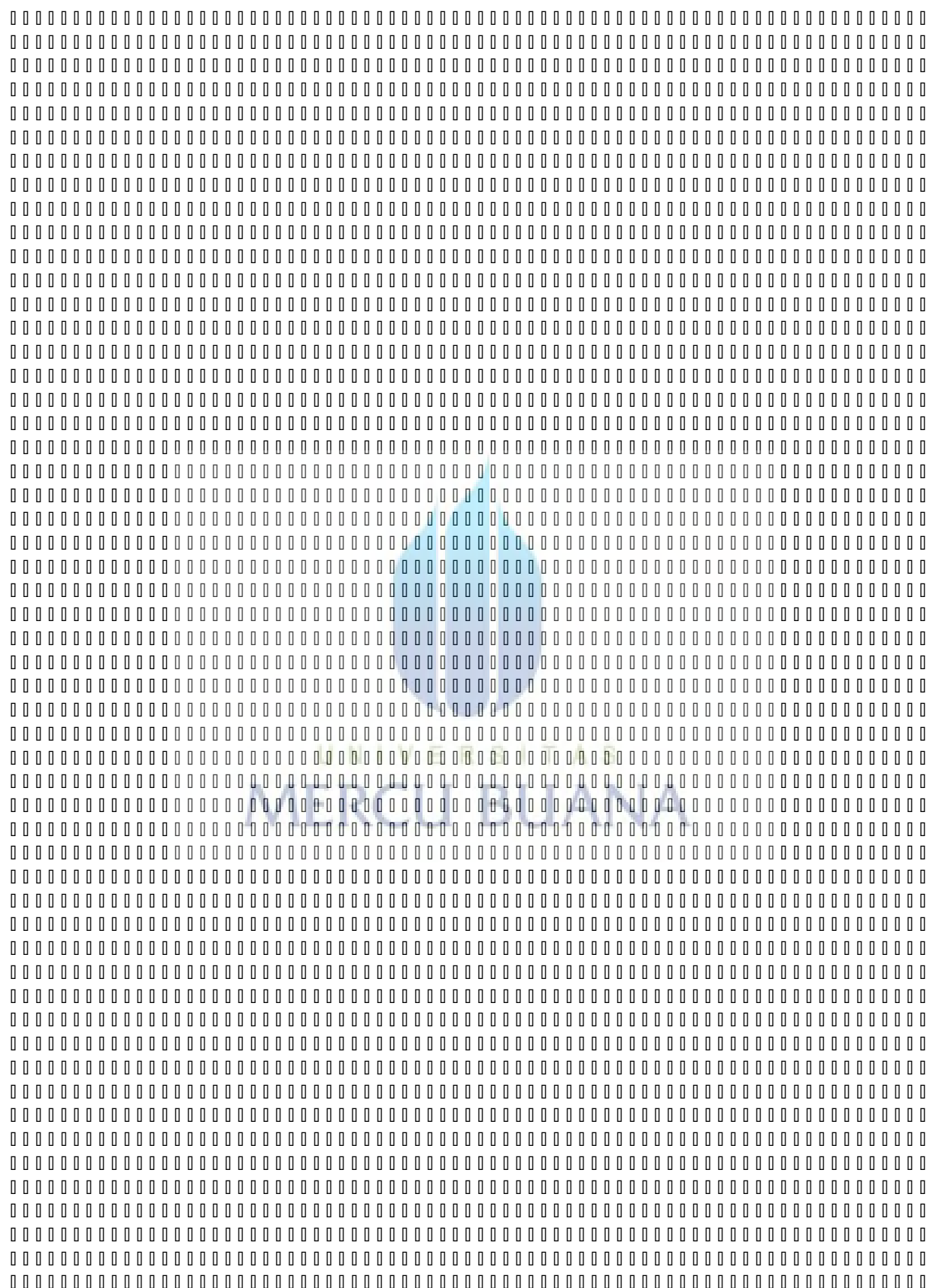


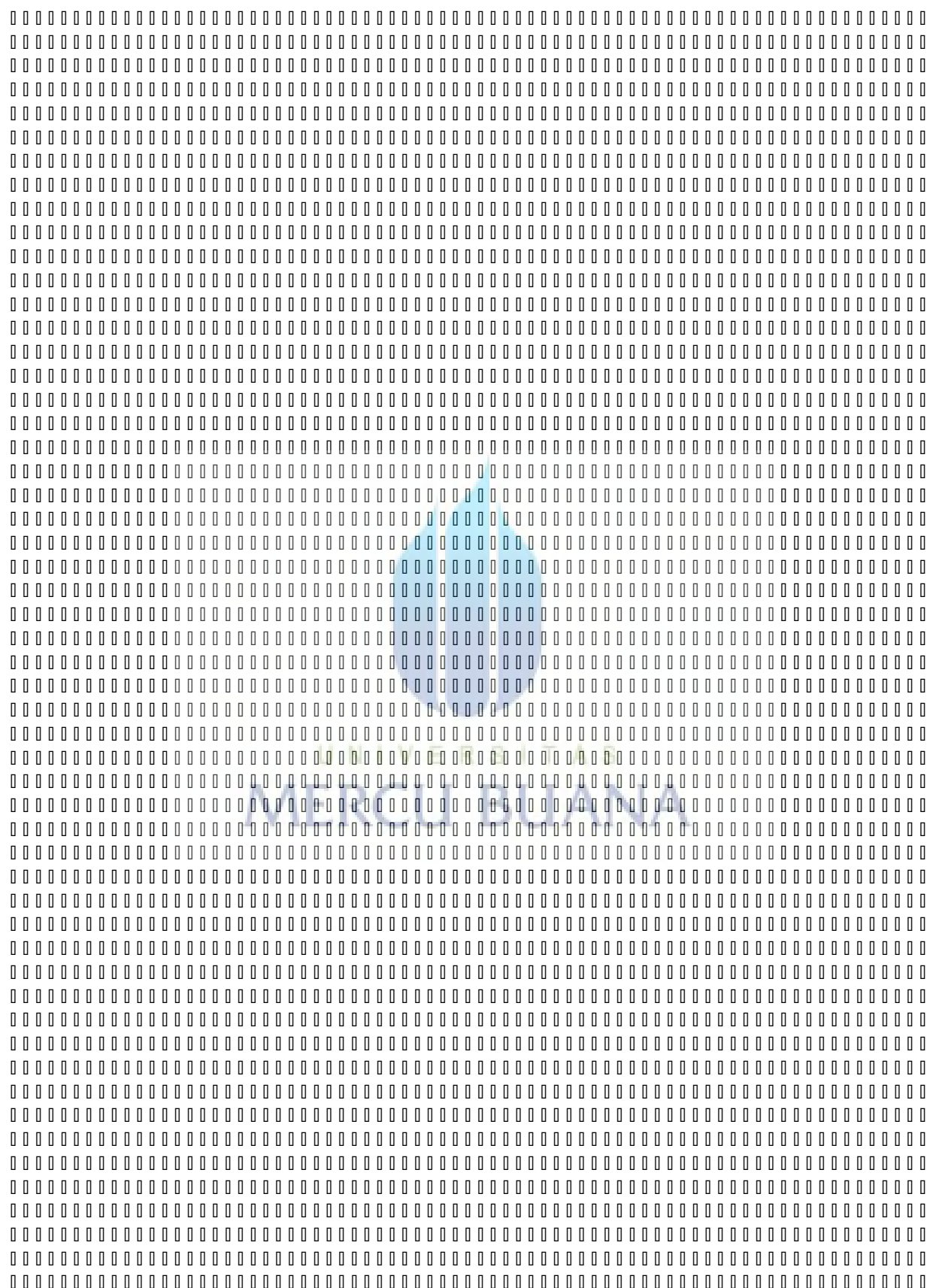














BAB IV

PENGUJIAN ALAT

Pengujian pada alat ini dilakukan dalam beberapa tahap yaitu dengan terlebih dulu menguji pada masing – masing modul (blok) rangkaian yang ada. Dan supaya pengujian pada masing – masing modul (blok) rangkaian tersebut dapat terlaksana dengan baik, maka harus dipastikan bahwa komponen – komponen telah terpasang dengan baik dan semua jalur pada PCB telah benar. Setelah itu, barulah dilakukan pengujian pada rangkaian keseluruhan.

4.1 Pengujian Pendeteksi Nada Dering Masuk



Gambar 4.1 Pengujian Rangkaian Pendeteksi Nada Dering Masuk

Pada Pengujian ini, modul (blok) ini diuji untuk mengetahui apakah dapat mendeteksi adanya panggilan telepon dari luar atau tidak. Untuk mengujinya, modul (blok) rangkaian ini dihubungkan langsung dengan saluran telepon.

Sedangkan keluaran dari alat ini dihubungkan dengan LED dan diukur tegangannya Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Pendeteksi Nada Dering Masuk

KONDISI	STATUS LED	TEGANGAN
Ada Nada Dering	Mati	0,2 V
Tidak Ada Nada Dering	Nyala	4,1 V

4.2 Pengujian Pendeteksi Nada Dering Kembali

Pengujian ini dilakukan dengan cara menghubungkan alat pendeteksi nada dering kembali dengan saluran telepon dan dipararelkan dengan pesawat telepon. Output dari rangkaian ini dihubungkan dengan sebuah LED yang menjadi indikator keluarannya.

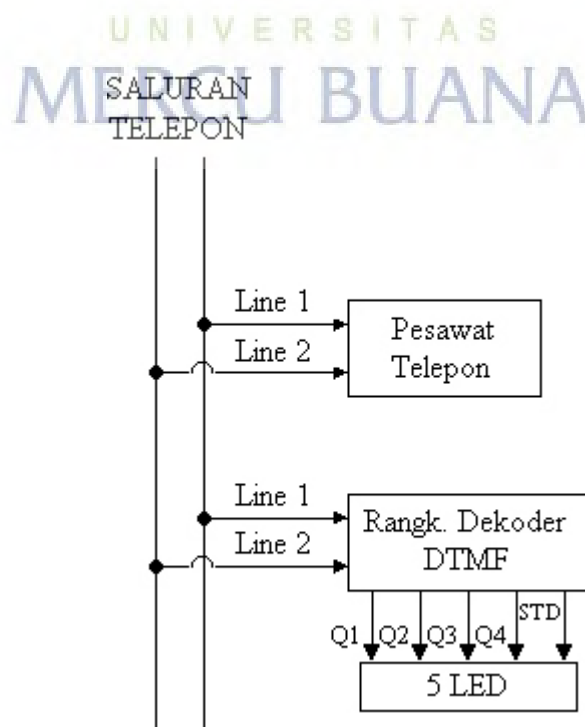


Gambar 4.2 Pengujian Pendeteksi Nada Dering Kembali

Nada dering balik ini merupakan sinyal dengan frekuensi tertentu (425 Hz) yang mempunyai interval waktu tertentu pula. Untuk nada sambung intervalnya 1 detik mati dan 3 detik nyala. Pada saat tidak ada nada dering balik, LED akan menyala, dan pada saat ada nada dering balik, potensiometer 20 K Ω diatur agar LED padam. Jadi keluaran dari rangkaian ini merupakan sinyal aktif rendah.

4.3 Pengujian Rangkaian Dekoder Sinyal DTMF

Pada pengujian ini, rangkaian dekoder sinyal DTMF diuji untuk mengetahui apakah dapat mengkodekan sinyal DTMF ke dalam kode biner dengan baik atau tidak. Cara pengujiannya adalah dengan cara menghubungkan rangkaian dekoder sinyal DTMF ke pesawat telepon dan dipararelkan dengan saluran telepon. Keluaran dari rangkaian dekoder sinyal DTMF ini, yaitu kaki Q1, Q2, Q3, Q4 dan juga pada keluaran *strobe* DTMF (STD) dihubungkan dengan LED.



Gambar 4.3 Pengujian Rangkaian Dekoder Sinyal DTMF

Sinyal yang akan diuji dalam pengujian terhadap rangkaian dekoder sinyal DTMF ini berasal dari pesawat telepon. Sinyal – sinyal tersebut dihasilkan dengan cara menekan salah satu tombol angka, tombol simbol bintang ataupun tombol simbol pagar yang terdapat pada pesawat telepon. Kemudian rangkaian dekoder sinyal DTMF akan menginterpretasikannya ke dalam kode biner yang akan terlihat dengan nyala dari masing – masing LED seperti yang terdapat pada tabel 4.2 berikut ini.

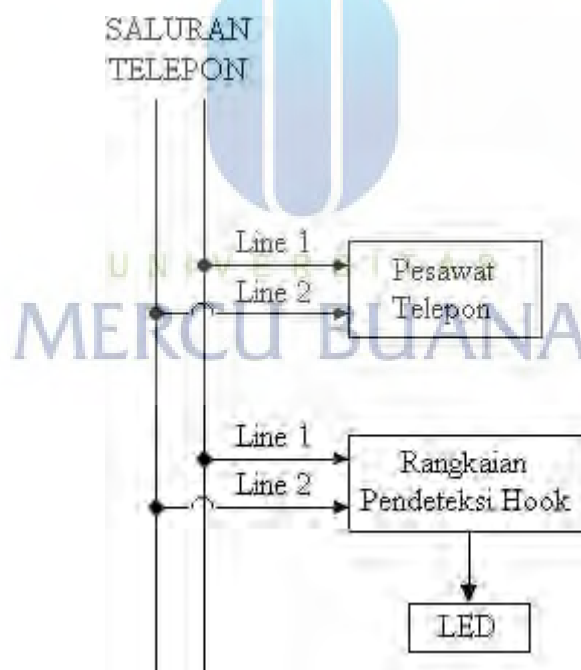
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sinyal DTMF

Masukan Tombol	Tampilan oleh LED				
	Q1	Q2	Q3	Q4	STD
1	1	0	0	0	1
2	0	1	0	0	1
3	1	1	0	0	1
4	0	0	1	0	1
5	1	0	1	0	1
6	0	1	1	0	1
7	1	1	1	0	1
8	0	0	0	1	1
9	1	0	0	1	1
0	0	1	0	1	1
*	1	1	0	1	1
#	0	0	1	1	1

Dengan mengacu pada spesifikasi *data sheet* dari IC ini, terlihat bahwa nilai – nilai keluaran dari rangkaian dekoder sinyal DTMF ini telah sesuai. Maka dengan demikian rangkaian dekoder sinyal DTMF ini telah bekerja dengan baik.

4.4 Pengujian Pendeteksi Hook

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian pendeteksi *hook* ini dapat mendeteksi keadaan gagang telepon dengan baik atau tidak. Untuk menguji rangkaian pendeteksi *hook* ini, rangkaian dihubungkan seperti pada pengujian dekoder sinyal DTMF, dimana rangkaian ini dihubungkan ke pesawat telepon kemudian dipararelkan dengan saluran telepon.



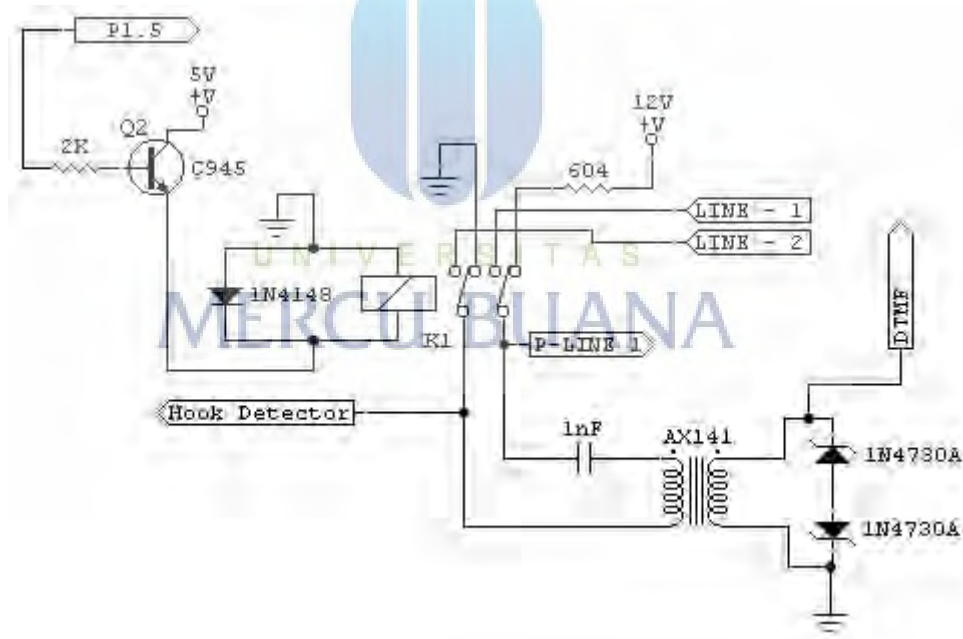
Gambar 4.4 Pengujian Pendeteksi Hook

Hasil dari pengujian ini dapat diketahui melalui sebuah LED yang menjadi indikator keluaran dimana LED tersebut dihubungkan dengan titik keluaran dari modul (blok) pendeteksi hook tersebut. Bila gagang telepon ditaruh (onhook)

maka LED akan menyala dan bila gagang telepon diangkat (offhook) maka LED akan padam. Sinyal keluaran ini sesuai dengan sinyal masukan interupsi yang aktif rendah. Dan dari hasil pengujian ini terlihat rangkaian bekerja sesuai dengan yang diinginkan.

4.5 Pengujian Rangkaian Kontrol Saluran Telepon

Pengujian ini dilakukan dengan cara menghubungkan pin *P-LINE-1* dan pin *HOOK DETECTOR* dengan pesawat telepon, sementara pin *LINE-1* dan pin *LINE-2* dihubungkan dengan saluran telepon dan pin yang lainnya dibiarkan terbuka.



Gambar 4.5 Pengujian Rangkaian Pengontrol Saluran Telepon

Kaki relay yang terhubung dengan katode dioda dihubungkan dengan kaki emitor transistor, sedangkan kaki kolektor transistor diberi tegangan V_{cc} . Sementara itu, titik P 1.5 juga diberi tegangan V_{cc} sehingga arus mengalir ke transistor. Arus tersebut menyebabkan transistor menjadi aktif sehingga relay juga

menjadi aktif. Oleh karenanya pesawat telepon tersambung dengan saluran telepon.

Dan ketika titik P 1.5 dihubungkan dengan GND, menyebabkan transistor menjadi tidak aktif. Keadaan ini menyebabkan relay juga menjadi tidak aktif. Oleh karenanya hubungan pesawat telepon dengan saluran telepon menjadi terputus. Hasil pengujian ini sesuai dengan yang diinginkan, maka rangkaian ini telah bekerja dengan baik.

4.6 Pengujian Liquid Crystal Display (LCD)

Pada pengujian ini, prosesor mengirimkan data berurutan tampilan ke LCD. Data tersebut adalah sbb :

Tabel 4.3 Data Tampilan LCD

Pengiriman ke-	Data
1	53H
2	45H
3	4CH
4	41H
5	4DH
6	41H
7	54H

Hasilnya adalah tampilan tulisan selamat, dimulai pada baris pertama kolom paling kiri. Merujuk pada gambar di bawah ini, tulisan selamat muncul mulai lokasi 00 sampai lokasi 06.

20 characters x 4 lines

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	10	11	12	13
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	50	51	52	53
14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F	20	21	22	23	24	25	26	27
54	55	56	57	58	59	5A	5B	5C	5D	5E	5F	60	61	62	63	64	65	66	67

4.7 Pengujian Rangkaian Keseluruhan

Pada pengujian ini seluruh rangkaian digabungkan seperti pada blok diagram. Pengujian dilakukan dengan cara menjalankan program dari sistem ini dan menggunakan pesawat telepon untuk melakukan hubungan keluar. Alat ini dipasang diantara pesawat telepon dan saluran telepon.

Untuk melakukan hubungan keluar, langkah – langkah yang harus dilakukan adalah:

1. Angkat gagang telepon
2. Masukkan *password* dengan menekan tombol pada pesawat telepon.
3. Bila salah memasukkan *password*, letakkan gagang telepon dan ulangi kembali untuk memasukkan *password* yang benar.
4. Tunggu sampai terdengar nada *tone*, baru tekan nomor telepon yang dituju.
5. Letakkan gagang telepon bila sudah selesai melakukan pembicaraan.

Pada pengujian ini didapat hasil bahwa alat dapat berfungsi dengan baik. Kemudian dicoba untuk melakukan hubungan interlokal yaitu dengan menekan tombol '0' pertama kali pada pesawat telepon saat saluran telepon dengan pesawat telepon telah terhubung, hasil yang didapat adalah terputusnya kembali sambungan saluran telepon dengan pesawat telepon.

Untuk mengganti *password* dari setiap pemakai, melihat sisa pulsa, merubah nilai pulsa yang akan diberikan dan untuk merubah *password supervisor* itu sendiri, maka harus menggunakan kode untuk *supervisor* yaitu dengan menekan tombol '#' pada pesawat telepon dan dengan memasukkan *password* khusus. Untuk menjalankan *sub program supervisor* maka langkah – langkah yang harus dilakukan adalah:

1. Angkat gagang telepon
2. Masukkan kode *supervisor* (tanda '#')
3. Masukkan *password* untuk *supervisor* sebanyak 6 digit
4. Setelah memasukkan *password* dengan benar, maka dapat dipilih 1 dari 4 pilihan yang ada, yaitu:
 - A. Mengubah *password* setiap pemakainya, caranya yaitu dengan menekan tombol '1' pada pesawat telepon kemudian masukkan nomor *password* yang ingin diganti diikuti dengan menekan tombol '#' lalu masukkan nomor *password* yang baru.
 - B. Menampilkan nilai pulsa yang tersisa dari masing-masing pemakai, caranya yaitu dengan menekan tombol '2' pada pesawat telepon lalu masukkan *password* dari pemakai yang ingin dilihat pulsa sisanya kemudian tekan '#' maka pada *display* akan langsung terlihat pulsa sisa dari pemakai tersebut.
 - C. Mengubah nilai pulsa pemakai, caranya yaitu tekan tombol '3' terlebih dahulu kemudian masukkan *password* dari pemakai yang

ingin diubah pulsanya diikuti dengan menekan tombol '#' lalu masukkan jumlah pulsa yang dikehendaki.

- D. Mengubah *password supervisor*, caranya tekan tombol '4' pada pesawat telepon kemudian masukkan *password supervisor* yang baru lalu tekan tombol '#' maka *password supervisor* akan berubah sesuai dengan *password* yang baru dimasukkan.
5. Bila sudah selesai, letakkan gagang telepon kembali.



BAB V

KESIMPULAN

Selama proses perencanaan, perancangan, realisasi, pengujian, serta perbaikan didapat beberapa masukan yang dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Alat pembatas pemakaian pulsa telepon ini dapat berjalan dengan baik sesuai dengan perancangan.
2. Alat pembatas pemakaian pulsa telepon ini bekerja sebagai anti interlokal dan anti telepon selular yang mana keduanya adalah sambungan telepon yang nomornya diawali dengan angka 0 (nol).



DAFTAR PUSTAKA

Fike, John L. *Understanding Telephone Electronics*. Texas: Texas Instruments Inc, 1983.

Kristanto, Andri. *Bahasa Assembler*. Yogyakarta : Penerbit Gava Media, 2003.

Malvino, Albert Paul. *Prinsip-prinsip Elektronik*, Edisi Kedua. Jakarta : Penerbit Erlangga, 1995.

Malvino, Albert Paul dan Tjia May On. *Elektronika Komputer Digital*. Jakarta : Penerbit Erlangga, 1994.

Putra, Agfianto Eko. *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55*. Yogyakarta : Penerbit Gava Media, 2002.

Schuler, Charles A. *Electronics, Principles and Applications*. California, Pennsylvania : McGraw-Hill, 1989.

MERCU BUANA